

Tech.

2073

nr

Notizen

über die

Fabrikation des Eisens

und der

Eisernen Brücken.

Von

Mehrtens

Regierungs-Baumeister im Ministerium der öffentlichen Arbeiten
Dozent an der Kgl. Techn. Hochschule zu Berlin.

SEPARAT-ABDRUCK AUS DER DEUTSCHEN BAUZEITUNG
JAHRGANG 1882.

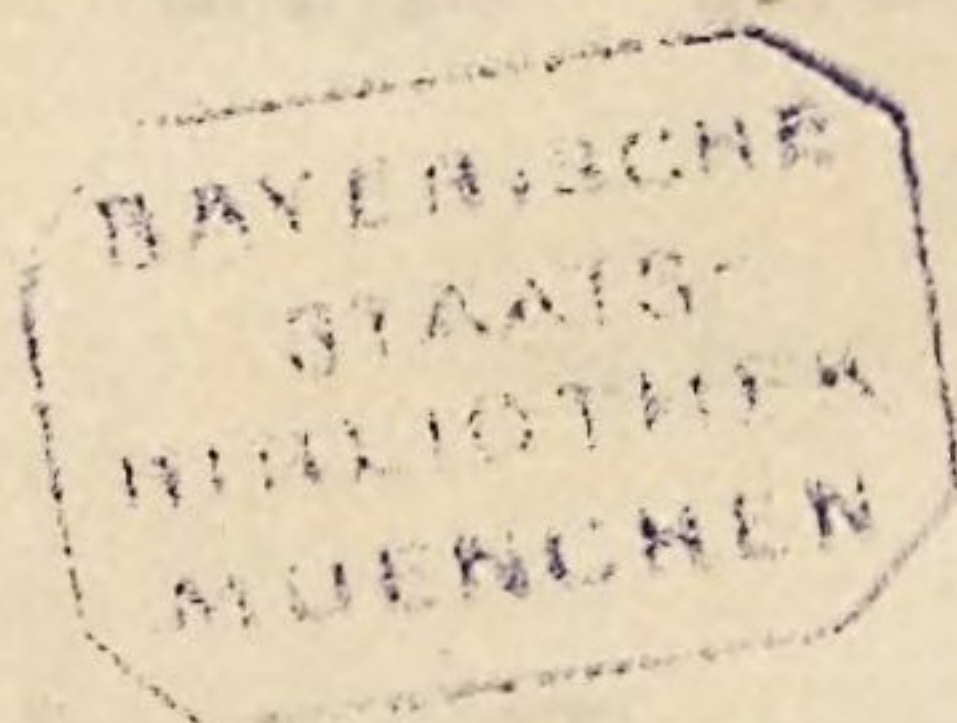
BERLIN

Selbst-Verlag des Verfassers.

1882.

G.m. 5176

69/26.





Die moderne Eisen-Gewinnung.

Das schmiedbare Eisen wurde in der älteren Zeit, wo das Roheisen noch nicht bekannt war, durch direkte Reduktion der Erze mittels glühender Holzkohlen, im sogen. Renn-Prozess erzeugt. Erst nach Erfindung des Verfahrens zur Darstellung des Roheisens¹ veraltete der direkte Erz-Prozess und man fabrizirt seitdem fast ausschließlich Schmiedeisen und Stahl aus Roheisen, also auf mittelbarem Wege.

Die mittelbare Eisen-Erzeugung löst ihre Haupt-Aufgabe, aus dem Roheisen ein schmiedbares Eisen mit einem bestimmten Kohlenstoff-Gehalte darzustellen, in zweifacher Weise: einmal durch Entkohlung des Roheisens bis zu einem bestimmten Grade oder ein andermal durch Ueberführung eines niedrig gekohlten Eisens auf einen höhern Kohlungs-Grad.

Bei der ersten Methode erfolgt das Abscheiden des Kohlenstoffs durch Oxydation des flüssigen Roheisens mit Hülfe atmosphärischen Sauerstoffs und anderer Sauerstoff abgebender Körper und das erhaltene teigige Produkt ist Schweißseisen bzw. Schweißstahl. Die zweite Methode besteht darin, dass man ein entkohltes oder niedrig gekohltes Eisen mit einem höher gekohlten zusammen schmilzt; sie liefert ein flüssiges Produkt, das Flusseisen bzw. den Flusstahl.

Die vorstehende ganz allgemeine Definition von Schweißseisen und Flusseisen ist durch eine speziellere Beschreibung der Produktion zu ergänzen.

¹ Die Roheisen-Darstellung im Hochofen bei Anwendung von Holzkohlen wurde zu Anfang des 16. Jahrhunderts im Siegerlande erfunden. Die Anwendung des mineralischen Brennstoffes, Steinkohle und Koke, datirt erst vom Jahre 1735, zu welcher Zeit Abraham Darby und sein Sohn Thomas anfangen, die Steinkohle, wie Holz, in Meilern zu verkohlen und den erhaltenen Koke als Brennmaterial in ihrem Hochofen zu Colebrookdale zu benutzen.

Betrachten wir zu diesem Zweck zuerst den wichtigen Vorgang beim Entkohlen des flüssigen Roheisens — den sogen. Frisch-Prozess — und achten insbesondere auf die Rolle, welche die fremden im Roheisen enthaltenen Körper, hauptsächlich also Silicium, Mangan, Phosphor und Schwefel, dabei spielen.

Diese Körper, nebst einem Theile des zu entkohlenden Eisens werden vom Sauerstoff der Luft oxydirt und die resultirenden Eisenverbindungen oxydiren ihrerseits wieder den Kohlenstoff, der als Kohlenoxyd gasförmig entweicht. Das am leichtesten oxydirbare Silicium bildet zuerst mit Sauerstoff Kieselsäure und letztere mit entsprechenden Mengen der gleichzeitig entstehenden Oxydule von Mangan und Eisen ein Silikat, die Schlacke. Diese Schlacke oxydirt endlich auch das Roheisen selbst und das dadurch entstehende Eisenoxyd-Oxydul (Hammerschlag), welches im Eisen-Silikate löslich ist, wirkt in gelöstem Zustande auf den Kohlenstoff des Roheisens, so dass Kohlenoxyd gasförmig entweichen kann. Da das Eisenoxyd-Oxydul im Mangan-Silikate nicht löslich ist, also auf die Entkohlung nicht einwirken kann, so wird letztere um so mehr verzögert, je manganhaltiger das Roheisen ist.

Die Eliminirung von Silicium und Mangan vollzieht sich hiernach in einfacher Weise. Weit schwieriger gestaltet sich die Abscheidung des Schwefels, namentlich aber die des Phosphors. Phosphor und Schwefel oxydiren allerdings bezw. zu Phosphorsäure und schwefliger Säure und es gelingt auch bei entsprechender Dauer der Entkohlung — die event. durch Anwendung eines manganhaltigen Roheisens zu erreichen ist — den Schwefel in die Schlacke überzuführen; die Beseitigung des Phosphors aber hängt von ganz besondern Umständen ab.

Es findet nämlich nach den bisherigen Erfahrungen die Ueberführung des Phosphors als Phosphorsäure in die Schlacke in der Regel nur statt, wenn die Temperatur während des Prozesses niedrig bleibt, während bei hoher Temperatur die etwa erfolgte Reduktion stets wieder rückgängig gemacht, d. h. der Phosphor in das Eisen zurück geführt wird, wenn nicht für die Bildung einer stark basischen Schlacke Sorge getragen werden kann.

Beim Hochofen-Prozess ist es aus diesen Gründen bislang nicht gelungen, den Phosphor abzuscheiden; vielmehr geht der gesammte Phosphor-Gehalt der Beschickung in das fertige Roheisen über. Bei der Schweißseisen-Darstellung gelingt die Abscheidung in Folge der niedrigen Temperatur und langen Dauer

dieses Prozesses weit leichter, als bei der rascher verlaufenden Flusseisen-Darstellung, die außerdem zur Aufrechterhaltung der Schmelzhitze gegen Ende des Prozesses eine sehr hohe Temperatur erfordert.

Die letztere ist besonders abhängig von dem Gehalte des Roheisens an Silicium, welches beim Verbrennen zu Kieselsäure 5 mal mehr Wärme entwickelt, als Eisen oder Mangan beim Verbrennen zu Oxydul und in Folge dessen eine erhebliche Steigerung der Temperatur im Laufe des Prozesses bewirkt.

Man beobachtet gewöhnlich 3 Perioden desselben: die Fein-Periode, welche mit der Verbrennung des Siliciums bzw. der Bildung der Rohschlacke abschließt, die Rohfrisch-Periode, in welcher die Entkohlung beginnt und das Roheisen in Stahl umgewandelt wird und endlich die Garfrisch-Periode, während welcher die Entkohlung so lange fortgesetzt wird, bis Schmiedeeisen erzeugt ist.² Der eben beschriebene Vorgang beim Entkohlen des flüssigen Eisens durch das Frischen spielt sich, event. mit geringen Modifikationen, bei allen Prozessen zur Darstellung des Schweißeisens und Flusseisens ab.

Das Schweiß Eisen wird fast allgemein durch das Flammofen-Frischen, gewöhnlich Puddeln genannt, in geschlossenen Oefen unter Anwendung von Steinkohlen oder Generator-Gasen in der Weise dargestellt, dass man durch Umrühren (*puddling*) mittels eines Hakens die Beseitigung der auf der Oberfläche des Roheisen-Bades gebildeten Schlacke, und in Folge dessen die Oxydation bewirkt. Die ältere, aus dem 16. Jahrhundert stammende Heerdfrisch-Methode, bei welcher das in Tropfen durch einen Windstrom fallende Roheisen mittels Verbrennung von Holzkohle auf einem Heerde — dem Frischfeuer — oxydirt wird, ist heutzutage durch den Puddel-Prozess fast gänzlich verdrängt worden.³ Die im Jahre 1784 durch Henry Cort⁴ erfolgte Einführung des letzteren war von eminentem kulturellem Einfluss auf unser Jahrhundert, so dass sie das eigentliche Zeitalter des Eisens inaugurirt hat, denn noch bis vor 2 Jahrzehnten

² Graues Roheisen wurde früher durch Feinen (Raffiniren oder Läutern) in besondern Apparaten für die Schweiß Eisen-Darstellung vorbereitet, um ein phosphorfreieres Produkt zu erzielen.

³ Die Versuche, das Umrühren durch maschinelle Haken oder durch Rotation des ganzen Arbeitsraumes zu bewirken, sind nur von beschränktem Erfolge gewesen. In Preussen war 1880 kein rotirender Puddelofen in Betrieb; dagegen waren 1913 feste Puddelöfen und 152 Frischfeuer vorhanden.

⁴ In Cort's Patent vom Jahre 1784 kommt auch das Wort „*Puddling*“ zuerst vor: „*by a process of puddling exposed to the current of flame and air the cast metal could be rendered malleable*“

ging der Gesamt-Verbrauch der ganzen zivilisirten Welt an schmiedbarem Eisen aus dem Puddelofen hervor. Jetzt hat auch seine Stunde geschlagen: wir sind seit Erfindung der Darstellung des Flusseisens, dessen Massen-Produktion den gegenwärtigen Markt beherrscht, in das Zeitalter des Stahls eingetreten.

Von den beiden Haupt-Methoden zur Darstellung des Flusseisens ist der in seiner Wirkung auf die Kultur der Menschheit wahrhaft epochemachende Bessemer-Prozess, erfunden von Henry Bessemer im Jahre 1855, bis heute der vornehmste geblieben. Er wird in schmiedeisernen, mit feuerfesten Steinen ausgefütterten Gefäßen, welche mittels eines Zapfens kippbar aufgehängt sind oder auch in festen, sog. schwedischen Oefen ausgeführt und besteht, wie Bessemer in seinem ersten Patente vom 17. Oktb. 1855 sagt, im wesentlichen „in dem Durchblasen von Luft durch flüssiges Roheisen bis zur Entkohlung zu Stahl und in dem Ausgießen des Stahls in Formen.“

Die zweite, neuere Methode ist die Darstellung des sogen. Flammofen-Flusseisens in festen Oefen, ein Prozess, welcher schon im 17. Jahrhundert bekannt war⁵, aber erst 1865 durch die französische Firma E. & P. Martin in Sireuil, deren Fabrikate auf der Pariser Welt-Ausstellung vom Jahre 1867 allgemeines Aufsehen erregten, zur praktischen Geltung kam. Er wird vielfach Martin-Prozess oder wegen der dabei in Anwendung kommenden Flammöfen mit Regenerator-Gasheizung nach dem System Siemens wohl auch Martin-Siemens-Prozess genannt.

Wenn wir vorerst beide Prozesse im allgemeinen mit einander vergleichen, so ergibt sich das Folgende: Beim Bessemern wird flüssiges Schmiedeisen mit erhitztem, flüssigem oder festem Roheisen zusammen gemischt, dagegen beim Martin-Siemens-Prozess festes Schmiedeisen oder Stahl in einem Roheisen-Bade aufgelöst. Ferner wird beim Bessemern das Roheisen in einem besonderen Ofen geschmolzen und das flüssige Schmiedeisen durch Entkohlung des im beweglichen Gefäße — der Birne, dem Converter — eingeführten Roheisens hergestellt, indem der zur Oxydation erforderliche atmosph. Sauerstoff mit Hülfe eines Gebläses in Form dünner Luftstrahlen durch den Boden des Converters in das dort befindliche Roheisen gepresst wird. Dagegen schmilzt man beim Martin-Siemens-Prozess das Roheisen direkt im Flammofen ein und trägt das theils auf Vorheerden, theils in besonderen Glüh-

⁵ Im Jahre 1722 versuchte Réaumur durch Zusammenschmelzen von Roheisen und Schmiedeisen in einem Schmelztiegel Stahl zu erzeugen.

öfen vorgewärmte Schmiedeeisen in Partien ein, wobei das Metall-Bad jedesmal umgerührt wird.

Während beim Bessemern demnach die Oxydation des Roheisens — das Frischen — eine Hauptrolle spielt, besteht beim Martin-Prozess der chemische Vorgang wesentlich nur in einer einfachen Lösung des kohlenstoffärmeren in dem kohlenstoffreicheren Eisen, mit geringer Oxydation.

Bei beiden Prozessen wird aber die Entkohlung stets so weit getrieben, dass es nöthig wird, den verlangten Kohlenstoff-Gehalt durch Zusatz von hoch gekohltem Eisen: Spiegel-Eisen oder Ferro-Mangan, endgültig herzustellen.⁶ Dies Verfahren ist nämlich bei der Schnelligkeit, mit welcher der ganze Prozess vor sich geht,⁷ ökonomischer und sicherer auszuführen, als die direkte Entkohlung des Roheisens bis auf einen bestimmten Grad, wie sie in Schweden Regel ist.

Der Zusatz von Spiegel-Eisen oder Ferro-Mangan geschieht aber nicht allein aus dem Grunde, um eine Rückkohlung des entkohlten Fluss-Metalls, sondern um gleichzeitig auch eine Desoxydation desselben zu bewirken, wozu das leicht oxydirbare Mangan vorzüglich ist. Das Eisenbad enthält nämlich, sowohl beim Bessemern als auch beim Flammofen-Frischen, nach der Entkohlung noch mehr oder minder große Mengen von Sauerstoff in Lösung oder in Form von Oxyden, welche die Schmiedbarkeit des fertigen Produkts erheblich beeinträchtigen würden, falls man ihre Entfernung durch Desoxydation unterliesse. Je mehr Mangan dieser Zusatz, der in fester oder flüssiger Form beigegeben wird, auf dieselbe prozentuale Menge von Kohlenstoff enthält, um so schwächer fällt natürlich die Rückkohlung aus; deshalb wendet man zur Darstellung weicher Flusseisen-Sorten möglichst hochprozentiges Ferro-Mangan an. —

Da erfahrungsmäßig fest steht, dass bei den metallurgischen Prozessen, in Folge von allerlei Wärmeverlusten, bedeutend größere Mengen an Brennmateriale verbraucht werden, als nach theoretischer Berechnung erforderlich wäre,⁸ so sind die Bestrebungen der

⁶ Spiegel-Eisen, so genannt wegen seiner glänzenden, spiegelähnlichen Absonderungs-Flächen, ist ein stark manganhaltiges Roheisen mit dem höchsten vorkommenden Kohlenstoff-Gehalte (5 0/0). Ferro-Mangan ist eine kohlenstoffhaltige Legirung von ca. 70—85 0/0 Mangan und ca. 30 0/0 Eisen.

⁷ In etwa 20 Minuten werden 5 Tonnen flüssiges Roheisen in Schmiedeeisen oder Stahl umgewandelt, während die Umwandlung desselben Quantums beim Puddeln etwa 11 1/2 Tage, beim Heerdfrischen sogar 11 1/2 Wochen in Anspruch nimmt.

⁸ Um 1 Tonne Eisen auf die Schweißhitze von 1500° C. zu bringen, sind nach der Theorie etwa 450 Wärmeeinheiten oder 75 kg Kohle erforderlich, während man in einem Schweißofen gewöhnlicher Konstruktion für diesen Effekt ungefähr acht Mal so viel Brennmateriale verbraucht.

Hüttenmänner von je her vornehmlich auf eine rationelle Ausnutzung der durch das Brennmaterial erzeugten Wärme gerichtet gewesen. Im Bessemer-Prozess ist es nun gelungen, ein scheinbar unerreichbares Ideal, die Umwandlung von Roheisen ohne Anwendung eines besonderen Brennmaterials in Stahl oder Schmiedeisen, zu verwirklichen. Das flüssige Roheisen, welches, um möglichst heißgehende Chargen zu erhalten, meist in überhitztem Zustande, mit einer Temperatur von 1200° und darüber, aus dem Schmelzofen in den Converter eingeleitet wird, erhitzt sich nämlich im weitem Verlaufe der Aktion bis zu seiner Entkohlung durch die in ihm enthaltenen fremden Körper, namentlich das Silicium, derartig, dass man im Stande ist, gegen Ende des Prozesses die Flüssigkeit des Metall-Bades aufrecht zu erhalten, auch wenn Stahl- und Eisen-Abfälle in festem Zustande eingegeben werden. Da hier das Silicium als eigentliches Brennmaterial fungirt, so steht in Bezug auf Brennmaterial-Ersparniss der Bessemer-Prozess oben an.

Der Verlauf einer Bessemer-Charge, deren einzelne Stadien in der Praxis (mit oder ohne Hülfe des Spektroskops) an dem Aussehen der aus dem Converter entweichenden Flamme beurtheilt werden, zeigt alle Eigenthümlichkeiten des bereits beschriebenen Frisch-Prozesses. Nach vollendeter Füllung des gewöhnlich 6—7 Tonnen haltenden Converters wird derselbe aufgekippt, während gleichzeitig, bevor das flüssige Roheisen den mit Oeffnungen — Düsen — versehenen Boden berührt, der Gebläse-Luftstrom durch das Metallbad getrieben wird. Anfänglich sieht man einen nicht selbst leuchtenden, sondern nur von innen roth durchscheinenden Gasstrom austreten, der sich allmählich in eine selbstleuchtende orangefarbene Flamme verwandelt, die mit blauen Streifen untermischt und von einer weißen Hülle umgeben ist. Die Flamme gewinnt in dieser ersten Periode, der Feinperiode oder Schlackenbildungs-Periode (die etwa 10—12 Minuten dauert) in Folge der Verbrennung von Silicium, Mangan und Eisen zusehends an Leuchtkraft und führt weißglühende Eisen- und Schlackentheilchen mit sich. In der zweiten Periode geht durch Einwirkung des in die Schlacke übertretenden Eisenoxyd-Oxyduls die Entkohlung so heftig und plötzlich vor sich, dass in stark leuchtender, beinahe weißer Flamme ganze Garben von Eisen und Schlacke ausgeworfen werden, wobei die flüssige Masse im Converter in heftige Wallungen geräth. Daher nennt man die Rohfrisch-Periode hier auch Koch- oder Eruptions-Periode. In der nun folgenden letzten, der Garfrisch- oder Entkohlungs-Periode nimmt die Flamme ihren höchsten Glanz an; sie wird ruhiger und durch-

sichtiger, zeigt blaue und violette Streifen und verschwindet allmählich fast ganz, wodurch sich das Ende der Entkohlung markiert.

Das im Verlaufe der Charge zu beobachtende Spektrum der Bessemer-Flamme ist in allen seinen verschiedenartigen Erscheinungen zur Zeit wissenschaftlich noch nicht definitiv festgestellt. Im wesentlichen zeigt sich ein Mangan-Spektrum, dem die Linien des Eisens und der aus dem feuerfesten Futter herrührenden Alkalien beigemengt sind. In der Praxis betrachtet man den Prozess als beendet, wenn bestimmte Linien im grünen Felde, gewöhnlich die Kohlenstoff-Linien genannt, verschwinden. In diesem Momente wird die Desoxydation und Rückkohlung in bekannter Weise bewirkt, während behufs guter Vermischung des Zusatzes das Gebläse noch etwa eine halbe Minute in Gang bleibt. Die gesammte Blasezeit einer Charge dauert 20—25 Minuten. Das Ausgießen derselben erfolgt in die unter die Mündung des Converters gehobene, mit feuerfesten Steinen ausgekleidete Gießpfanne, aus deren im Boden angebrachten Abstichloche das Fluss-Metall in die in der Gießgrube stehenden eisernen Formen, die Coquillen, eingelassen wird. Die dabei erforderlichen Manipulationen, also das Kippen des Converters, das Heben und Senken des in der Gießgrube stehenden Krahn, der die Gießpfanne trägt, sowie auch das Setzen der Coquillen und das Ausheben der erstarrten Guss-Blöcke — Ingots — wird hydraulisch, unter Anwendung von Akkumulatoren mit einem gleichmäßigen Drucke von etwa 10—12 Atmosphären bewirkt. Ein Krahn bedient in der Regel 2 Converter, die in einer gemeinsamen Giessgrube stehen und von denen der eine in Betrieb ist, während der andere repariert wird.⁹

Wir sind auf die Details des Bessemer Prozesses etwas näher eingegangen, um die spätere Beschreibung des Verfahrens der Entphosphorung in Bessemer-Converter leichter anknüpfen zu können und wenden uns nun zum Martin-Siemens-Prozess.

Die Darstellung von Flusseisen im Flammofen ist erst durch die hoch wichtige Erfindung des sogen. Regenerativ-Systems durch die Gebrüder C. W. & F. Siemens, welche etwa gleichzeitig mit der Erfindung des Bessemer-Prozesses an die Oeffentlichkeit trat und auf Anwendung gasförmigen Brennmaterials beruht, möglich geworden. Das Gas wird in sogen. Generatoren, die gewöhnlich außerhalb der eigentlichen Schmelzhütte liegen, durch

⁹ Die Produktion eines Converter-Paares beträgt bei 7,5 Tonnen Einsatz pro Charge in 24 Stunden etwa 200 Tonnen Rohblöcke, d. i. eben so viel wie die Produktion von 60 Puddelöfen in derselben Zeit. — Die zuerst schadhast werdenden Converter-Böden halten etwa 30 Chargen aus.

Destillation von festem Brennmaterial erzeugt und von den Gas-Erzeugern durch eiserne Kühlrohre und einen Gas-Kanal zu dem Flammofen geleitet, unter dessen Heerdsohle ein System von sogen. Regeneratoren liegt, welche den Zweck haben, die dem Gase auf seinem Wege zum Ofen verloren gegangene Wärme wieder zu ersetzen. Ohne Anwendung dieser Regeneratoren würde man jedenfalls kein gasförmiges Brennmaterial wählen, da beim Verbrennen fester Brennmaterialien im Heizraume des Ofens sicherlich mehr Wärme entwickelt wird, als durch das Gas.

Die Regeneratoren sind rechtwinklige, überwölbte Kammern, in denen durch das Einsetzen feuerfester Steine ein System von zahlreichen kleinen Zwischenräumen gebildet ist, so dass beim Hindurchströmen heißer Gase eine allmähliche und gehörige Erwärmung des ganzen Systems erfolgen kann. Der Ofen enthält vier solche paarweise gruppierte Regeneratoren, von denen ein Paar für die Erwärmung der von Außen einströmenden kalten Verbrennungs-Luft, das andere für die Erwärmung der von den Regeneratoren kommenden Gase bestimmt ist. Die Kammern eines jeden Regeneratoren-Paares kommunizieren nach oben mit dem Schmelzraum und können außerdem vermöge eines Stell-Apparates mit Wechsel-Klappen, beide direkt mit dem Schornstein oder die eine mit den Gas-Erzeugern, die andere mit der atmosphärischen Luft in Verbindung gesetzt werden. Ist während des Ofen-Betriebes eins der beiden Regeneratoren-Paare (z. B. *A*) direkt gegen den Schornstein abgeschlossen, so sind die in dasselbe von aussen eintretenden, in den beiden Kammern getrennt geleiteten gas- und luftförmigen Brennmaterialien gezwungen, ihren Weg zum Schornstein indirekt durch den Schmelzraum und das andere Regeneratoren-Paar (*B*) zu nehmen. Die beim gewöhnlichen Flammofen mit sehr hoher Temperatur aus dem Schmelzraume unbenutzt abziehenden Gase erhitzen also hier auf ihrem Wege zum Schornstein das Regeneratoren-Paar (*B*), welches nach aussen gegen Eindringen von Luft und Gas abgeschlossen ist. Lässt man nun mittels des Stell-Apparates Gas und Luft den umgekehrten Weg zum Schornstein — von *B* durch den Schmelzraum nach *A* — machen, so erhitzen sich diese von aussen kalt eintretenden Brennmaterialien in dem vorgewärmten Regeneratoren-Paare *B* und treten stets in gehörig erhitztem Zustande in den Schmelzraum ein, woselbst die Verbrennung des im Gase enthaltenen Kohlenoxyds durch den Sauerstoff der atmosphär. Luft erfolgt und zwar um so vollständiger, je richtiger die Mischung von Luft und Gas war. Auf diese Weise kann durch das regelmäßige Spiel des Stell-Apparats und der Klappen in Wirklichkeit die

verloren gegangene Wärme in den Regeneratoren stets aufs neue wieder erzeugt werden.¹⁰ Wenn der Ofen zum ersten Male in Betrieb gesetzt werden soll, wird vorerst im Schmelzraum durch Anzünden von Holz oder Hobelspänen eine Flamme erzeugt, welche die Entzündung des einströmenden Gases bewirkt.

Im Siemens'schen Regenerativ-Ofen kann in der beschriebenen Weise bei niedrigem Brennmaterial-Verbrauch eine sehr hohe und gleichmäßige Temperatur des Schmelzraumes erzeugt werden, wenn nur für gehörige Mischung von Luft und Gas und für öftere und regelmäßige Umschaltung des Stell-Apparates Sorge getragen wird. —

Um annähernd vergleichen zu können, wie sich der Brennmaterial-Bedarf bei den drei modernen Erzeugungs-Prozessen stellt, mag angeführt werden, dass man 1 Tonne fertiges Eisen aus den Erzen durch Puddeln mit einem Aufwande von etwa 6 Tonnen, durch den Martin-Prozess von 4 Tonnen und durch Bessemern von 3 Tonnen Steinkohlen darstellen kann.

Dabei ist indess noch zu beachten, dass um z. B. aus Roh-eisen eine fertig gewalzte Schiene herzustellen, beim Puddeln ein Verlust an Eisen — Abbrand — von etwa 30 %, beim Bessemern von 15—18 % und beim Martin-Prozess von 10—15 % entsteht. Der Martin-Prozess ist danach zwar theurer als der Bessemer-Prozess und kann sich ferner auch in Bezug auf Massen-Produktion keineswegs mit letzterem messen, da ein mittlerer Regenerativ-Gasofen im gleichen Zeitraum nur etwa $\frac{1}{20}$ des Inhalts eines Converter-Paares produziert, aber er bietet nicht zu unterschätzende andere Vortheile. Man kann erstens — was im Bessemer-Converter bei dem schnellen Verlaufe der Charge nicht in demselben Maasse möglich ist — mit großer Sicherheit ein Produkt von vorgeschriebenem, beliebigem Kohlenstoff-Gehalte darstellen, weil Probenahmen im Laufe des Prozesses zu jeder Zeit bequem auszuführen sind und zweitens, bei Zusatz von Erzen, ein besser schweißbares Produkt erzielen, als beim Bessemern. Drittens gestattet der Prozess — und dadurch gewinnt er für die Zukunft an Bedeutung — den Zusatz von Eisen- und Stahl-Abfällen aller Art, so dass er im Laufe der Zeit auf den meisten Bessemer-Werken, die sonst für ihre massenhaften Stahl-Abfälle keine rechte nutzbringende Verwerthung haben, als eine nothwendige Ergänzung derselben zur Einführung gelangt ist. Die

¹⁰ Auch beim Hochofen-Prozess benutzt man neuerdings die abziehenden, unverbrannten Gase zur Erwärmung von Regenerativ-Apparaten, um mit Hilfe derselben die Gebläseluft — den Wind — zu erhitzen. Am gebräuchlichsten sind die Windhitze-Apparate nach dem System von Cowper-Siemens und Whitwell.

Erzeugung eines genügend phosphorfreien Produkts ist aber sowohl beim Bessemern als auch bei der Darstellung des Flammofen-Flusseisens — ohne Hülfe des Entphosphorungs-Verfahrens — nur durch Anwendung eines reinen, stark siliciumhaltigen Roheisens, des sog. Bessemer-Roheisens, möglich, während beim Puddel-Prozess selbst stark phosphorhaltiges Roheisen zu reinem Schweißseisen verarbeitet wird.¹¹ —

W. Siemens hat im Regenerativ-Flammofen auf den Werken der Landore-Siemens-Stahlcompagnie in Wales seit einer Reihe von Jahren (1870) erfolgreiche Versuche zur Erzeugung von Erzstahl durch Zusammenschmelzen von Roheisen und Erzen und zur direkten Darstellung des schmiedbaren Eisens aus den Erzen angestellt.¹² Der letztere Prozess, der schon eingangs Erwähnung fand, vollzieht sich in der Weise, dass zunächst aus den Erzen das Eisen reduziert wird und darauf das reduzierte Eisen — der Eisenschwamm — von den Gangarten des Erzes und den übrigen Unreinigkeiten befreit wird. Siemens benutzt dazu einen rotirenden Ofen seines Systems (*Rotator*), in welchem sich nach etwa $1\frac{1}{2}$ Stunden die Reduktion des Erzes durch kohlenstoffhaltige Materialien derartig vollzogen hat, dass man beinahe chemisch reines Eisen in zusammen geballtem Zustande und eine flüssige Schlacke, welche die Verunreinigungen enthält, vorfindet. Dem direkten Erz-Prozess haften aber wesentliche Mängel an, die in der geringen Produktion, dem großen Abbrande und der Nothwendigkeit der Verwendung von reinen Eisen-Erzen bestehen und seine Einführung bei uns bislang verhindert haben. Eine grössere Bedeutung, speziell für deutsche Verhältnisse, würde der Prozess gewinnen, wenn es gelänge, die Thomas'sche Methode zur Entphosphorung des Eisens im Bessemer-Converter künftig mit Erfolg auch im Regenerativ-Flammofen anzuwenden,¹³ da dann die im Rotator erhaltenen Eisenballen aus deutschen, stark phosphorhaltigen Erzen dargestellt und zu Flammofen-Flusseisen weiter verarbeitet werden könnten.

¹¹ Das Bessemer-Roheisen soll nicht über 0,08 % Phosphor enthalten. Das deutsche Bessemer-Roheisen wird grösstentheils aus ausländischen Erzen (von Santander, Bilbao, Bona, Elba), das englische Bessemer-Roheisen aus den bekannten sehr reinen Cumberland'er Hämatit-Erzen erzeugt. — Weissstrahliges oder graues Puddel-Roheisen, dessen strahliges Gefüge von einem starken Mangan-gehalt herrührt und ordinaires Puddel-Roheisen haben beide einen Phosphorgehalt von etwa 0,6–0,8 %.

¹² Das bereits von Réaumur angegebene Verfahren zur Erzeugung von Erzstahl wurde zuerst 1855 durch Uchatius in die Praxis eingeführt.

¹³ Vergl. D. R. P. 11 389 des Hörder Vereins und der Rhein. Stahlwerke. Verfahren zur Entphosphorung des Roheisens im Flammofen.

Die vorstehende allgemeine Beschreibung der modernen Methoden zur Erzeugung des schmiedbaren Eisens schließt Verfasser mit dem Bemerken ab, dass in den folgenden Artikeln sich mehrfach Gelegenheit bieten wird, dieselben nach verschiedenen Seiten hin spezieller zu beleuchten.

Die Entphosphorung des Eisens.

Im vorher gehenden Artikel ist bereits hervor gehoben worden, dass beim gewöhnlichen Hochofen-Prozess der Gesamt-Phosphorgehalt der Beschickung in das fertige Roheisen übergeht. Es musste sich daher naturgemäfs mit dem wachsenden Fortschritt der Flusseisen-Darstellung, so lange dieselbe an die Anwendung eines reinen, stark siliciumhaltigen Roheisens gebunden war, der Mangel an hinreichend phosphorfreien Erzen in den Eisen-Industrie-Bezirken Europas lebhaft fühlbar machen.

In Deutschland sah man sich gezwungen, phosphorfreie Erze vornehmlich aus Spanien, Portugal und dem nördlichen Afrika mit erheblichem Zeit- und Kosten-Aufwande zu importiren, um dieselben zu Bessemer-Roheisen, Ferro-Mangan u. s. w. zu verhütten. Die kostspielige Nothwendigkeit dieser Erz-Beschaffungen wurde aber zu einem Sporn, die zahlreichen, allerdings bis dahin vergeblichen Versuche zur Entfernung des Phosphors aus dem Eisen wieder aufzunehmen und mit vermehrtem Eifer fortzusetzen.

Am natürlichsten erscheint es, den Phosphor der Eisenerze schon beim Vorbereiten derselben für den Hochofen-Prozess abzuscheiden. Dies ist auch auf nassem Wege durch Auslaugen mit verdünnten Säuren u. s. w. versucht worden, aber ohne Erfolg. Ebenso sind die Bestrebungen, durch entsprechende Zuschläge Fluoride, Chloride, Jodide, Nitrate u. s. w. zu erzeugen, welche im unteren Theile des Ofens flüchtige Phosphor-Verbindungen bilden sollten, bislang ergebnisslos gewesen, da die erzeugten Verbindungen in den oberen Ofentheilen in Folge der hohen Temperatur, die daselbst statt findet, stets wieder zersetzt wurden.

Beim Renn-, Heerdfrisch- und Puddel-Prozess wird der Phosphor ohne außerordentliche Hilfsmittel — obschon solche

in grosser Anzahl vorgeschlagen und versucht worden sind — in genügendem Maasse (bis zu 80 % des ursprünglichen Gehaltes) aus dem Roheisen eliminirt, wenn der Heerd bezw. die Wände des Ofens aus Eisen hergestellt und mit Eisenoxyd besetzt werden und wenn die anfangs gebildete kieselsäurereiche Schlacke entfernt wird.

Dieser Erfolg hat seinen Grund darin, dass während des Prozesses die einzige vorhandene Base, das Eisenoxyd, zwei Säuren gegenüber steht, der Kieselsäure und der Phosphorsäure. Ist Kieselsäure in grossen Mengen vorhanden, so wird wegen der grösseren chemischen Verwandtschaft der Base zur Kieselsäure vornehmlich Eisen-Silikat und nur wenig Phosphorsäure gebildet. Verringert man also die Menge der Kieselsäure durch Fortnehmen der in der Fein-Periode gebildeten sauren Schlacke und vergrössert ausserdem die Menge der Base, des Eisenoxyds, so wird auch die Ueberführung des Phosphors als Phosphorsäure in die Schlacke in grösserem Maasse vor sich gehen müssen.

Hieraus lässt sich auch die schon länger bekannte Thatsache erklären, dass die Entfernung des Phosphors aus dem Eisen nicht allein von der Temperatur während des Prozesses, sondern hauptsächlich von der mehr oder minder basischen Natur der Schlacke abhängig ist.

Der Gedanke lag nun nahe, zur Verbesserung der Bessemer- und Martin-Siemens-Apparate auch an eine Auskleidung dieser Apparate mit reichen Eisenoxyden zu denken; jedoch stand der praktischen Ausführung dieser Idee die leichte Schmelzbarkeit eines solchen Futters entgegen.

Weitere Versuche wurden von C. W. Siemens und Chatelier im Jahre 1863 mit verschiedenen basischen Futtern im Flammofen angestellt, ergaben aber keine befriedigenden Resultate. Gestampfter Bauxit und Bauxit-Ziegel hielten nicht, weil der Bauxit zu reich an Kieselsäure ist; Mischungen aus Kalk und Thon bewährten sich noch weniger. Am besten hielten gebrannte Magnesia-Ziegel, die aber zu theuer waren, was später auch Tessié du Motay in Terre-Noire bestätigte, der eine Auskleidung der Bessemer-Birne mit Magnesia versuchte. — G. J. Snelus¹, welcher zuerst auf Grund seiner Versuche ausgesprochen hat, dass die Ausscheidung des Phosphors beim Bessemer-Prozesse wesentlich von der basischen Natur der Schlacke abhängig sei, schlug eine Verbindung von Magnesia mit Kalk und Eisenoxyd als Material zur Bekleidung des Innern von Kupol- und Flammöfen vor und ver-

¹ Dingl. Polyt. J. 1873. Bd. 208, S. 463.

suchte im Jahre 1872 die Bessemer-Birne mit einem basischen Futter aus gebranntem Kalk oder Dolomit auszukleiden. Durch diesen Versuch wurde zum ersten Male die Möglichkeit der Entphosphorung des Eisens in einer Bessemer-Birne bewiesen.

Neben allen diesen vergeblichen Anstrengungen, anstatt des kieselsäurereichen (sauren) Futters der Bessemerbirne ein haltbares basisches Futter ausfindig zu machen, sind noch die älteren Bestrebungen zu erwähnen, den Phosphor durch Einblasen von überhitztem Wasserdampf in die Birne zu entfernen. Der Wasserdampf zerlegt sich allerdings in Sauerstoff und Wasserstoff — aber die beabsichtigte Entfernung des Phosphors als Phosphor-Wasserstoff ist auf diesem Wege bislang nicht gelungen.

Die ersten neueren Versuche, welche von I. L. Bell in England und A. Krupp in Essen fast gleichzeitig in den Jahren 1876—79 unternommen wurden, haben die Anwendung eines basischen Futters, hergestellt aus Oxyden des Eisens und Mangans, zur Grundlage. Das flüssige Roheisen wird vom Hochofen oder Umschmelzofen aus in einen mit angegebenem Futter versehenen rotirenden Ofen geleitet und dort — während der Feinperiode, vor Eintritt der Entkohlungs-Periode — von seinem Gehalte an Silicium und Phosphor befreit. Das so entkieselte und entphosphorte Roheisen wird dann rechtzeitig abgestochen und in einen Bessemer- oder Martin-Siemens-Apparat geleitet, wo die Entkohlung und nachherige Kohlung zu Eisen oder Stahl vollendet werden kann. Das Abbrechen des Prozesses bei Eintritt der Entkohlungs-Periode ist nothwendig, damit das sich bildende Kohlenoxyd das bereits verschlackte Eisen-Phosphat nicht wieder reduzirt und den Phosphor in das Eisen zurück führt. Obgleich seinerzeit von verschiedenen Seiten die Behauptung aufgestellt worden war, es sei nicht möglich eine Entphosphorung des Eisens ohne eine gleichzeitige Entkohlung auszuführen, so wurde doch durch unter Aufsicht der Delegirten des deutschen Patent-Amtes stattgefundene spezielle Versuche der Beweis des Gegentheils erbracht und daher der Firma Krupp auf das neue Verfahren ein Patent ertheilt.² Als ein Uebelstand desselben dürfte die gleichzeitige Entfernung des Siliciums mit dem Phosphor zu bezeichnen sein, weil man dadurch gezwungen wird, für die definitive Darstellung des Flusseisens entweder den Flammofen-Prozess zu wählen oder beim Bessemer-Prozess dem entkieselten Roheisen zur Erlangung der erforderlichen

² D. R.-P. Nr. 4391

Temperatur Silicium in Form von Ferro-Silicium³ wieder zusetzen. Auch ist das Krupp'sche Verfahren, nachdem die neuste Zeit endlich die Versuche zur Entphosphorung des Eisens beim Bessemer-Prozess mit Erfolg gekrönt hat, in den Hintergrund gedrängt worden.

S. G. Thomas und P. C. Gilchrist hatten auf Vorschlag von L. Gruner auf dem Blänavon-Eisenwerke in Südwaies eine kleine Bessemerbirne mit einem Gemisch von Kalk und Natron-Wasserglas ausgekleidet und später, als sich zwar die Phosphor-Ausscheidung befriedigend, aber die Haltbarkeit des Futters als unzulänglich erwies, ein Futter aus sandigen, unter starkem Druck geformten und bei hoher Temperatur gebrannten Dolomit-Steinen versucht.

Nach mehren Proben, bei denen während des Prozesses zur Neutralisirung der durch die Verbrennung des Siliciums erzeugten Kieselsäure noch Stücke von Dolomit und Rotheisenstein in das aus stark phosphorhaltigem Roheisen bestehende Eisenbad geworfen wurden, erzielte man ein haltbares Futter und zugleich ein genügend phosphorfrees Eisen. Es wurde konstatirt, dass die hohe Temperatur des Bessemer-Prozesses die Ausscheidung des Phosphors nicht hindert, wenn nur dafür Sorge getragen wird, dass die Schlacke basisch ist, d. h. nicht zu viel Kieselsäure (weniger als etwa 20 %) enthält und nicht zu viel Phosphorsäure (etwa höchstens 12 %) aufzunehmen braucht. Thomas in Battersea erhielt darauf — trotz vielfacher Anfechtungen von Seiten großer deutscher Industriellen — unter dem 5. Oktbr. 1878 sein erstes Deutsches Reichs-Patent (No. 5869) zur Herstellung feuerfester basischer Ziegel.

Im 2. Thomas'schen Reichs-Patent (No. 6080 vom 2. März 1878), welches die Details des Prozesses behandelt, wird bereits hervor gehoben, dass es möglich sei, fast den ganzen Phosphorgehalt des Roheisens auszuscheiden, wenn man mit einer basischen Schlacke arbeite, die höchstens 12—16 % Kieselsäure enthalte.

Der Prozess selbst verläuft im allgemeinen wie jeder Frisch-Prozess; jedoch liegt ein charakteristischer Unterschied diesem gegenüber darin, dass dabei noch eine 4. Periode, die Entphosphorungs-Periode, existirt, da erfahrungsmäßig die Verbrennung des Phosphors erst nach Verbrennung des Siliciums und Kohlenstoffs, also nach dem Verschwinden der Kohlenstoff-Spektrallinien im grünen Felde vor sich geht. Der Prozess dauert demnach im basischen Converter länger als im säuern und

³ Ferro-Silicium wird in Hörde als ein Roheisen in einem Gehalte von etwa 9,5 % Sil., 2,3 % Kohlenstoff und 0,13 % Phosphor dargestellt.

zwar beträgt das Nachblasen oder Ueberblasen während der Entphosphorungs-Periode etwa 4 Minuten. Weil auf diese Weise die Entkohlung sehr weit getrieben werden muss, so wird es erforderlich, behufs Rückkohlung und Desoxydirung dem Flussmetall grössere Mengen von Spiegel-Eisen oder Ferro-Mangan zuzusetzen, als im sauern Converter erforderlich sind.

Bei der Einführung des neuen Verfahrens im Jahre 1879 hatten sich, abgesehen von der Haltbarkeit des Futters, anfangs hauptsächlich folgende Mängel heraus gestellt: 1) die Reduktion eines Theils des bereits in die Schlacke übergeführten Phosphors beim Zusatze von Spiegel-Eisen in Folge der dadurch bewirkten massenhaften Kohlenoxyd-Entwicklung; 2) das Erforderniss bedeutender Zuschläge und die dadurch herbei geführte Bildung einer grossen Schlacken-Menge.

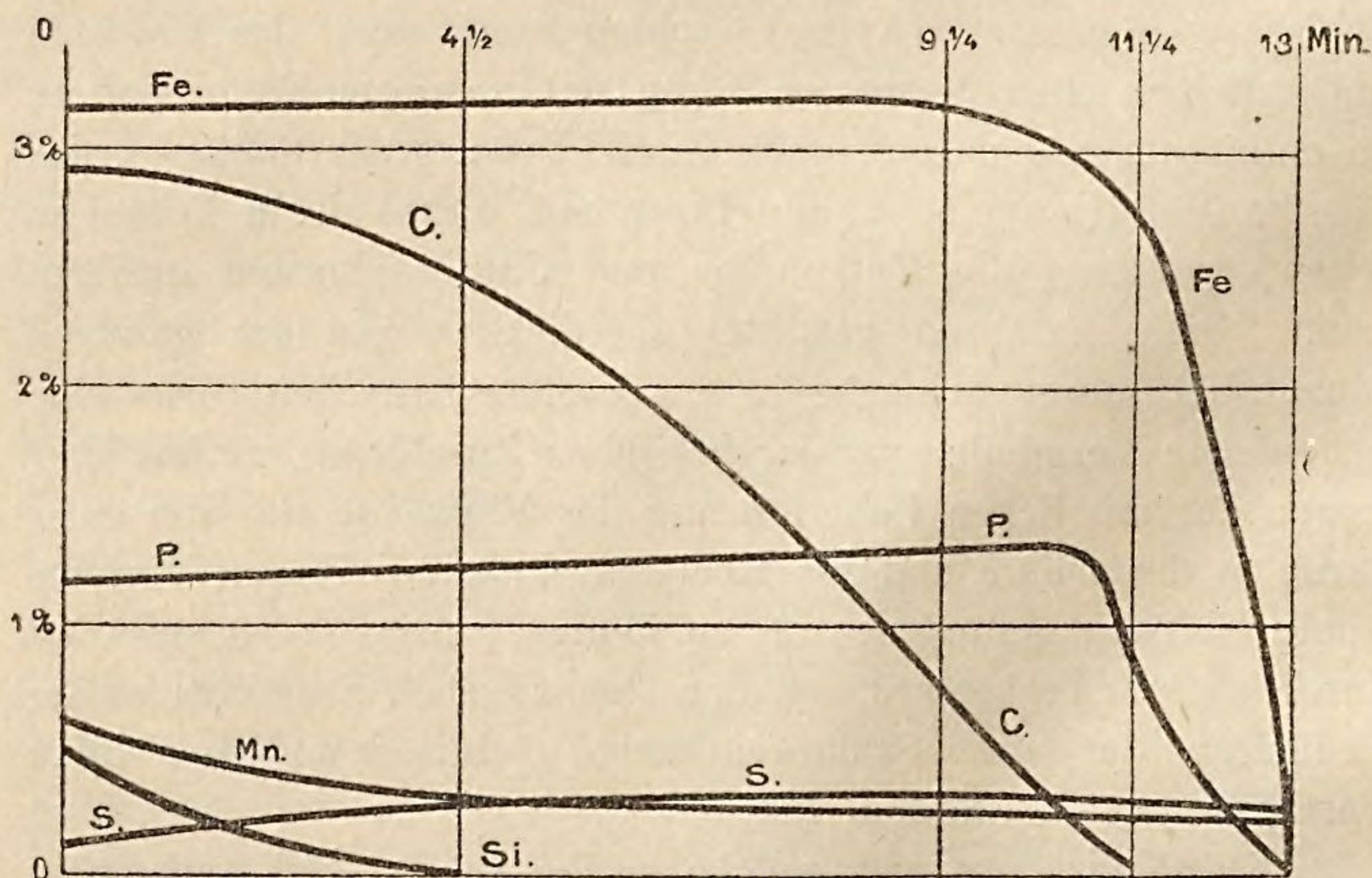
Der erste Uebelstand, die Rückführung des Phosphors, ist wohl zu vermeiden, wenn Sorge getragen wird, dass das Spiegel-Eisen mit der Schlacke möglichst wenig in Berührung kommt. Schwieriger zu umgehen ist der Uebelstand der Bildung grosser Schlacken-Mengen. Harmet⁴ schlug zuerst vor, das Roheisen anfänglich in einer Bessemer-Birne mit saurem Futter nahezu zu entkieseln und darauf, unter Zurückhaltung der Schlacke, das flüssige Metall in eine zweite Birne mit basischem Futter zu leiten, wo dann die Entkohlung und Entphosphorung erfolgen kann. Dies Verfahren gestattet allerdings wegen der geringen Menge der sauren Schlacke in der zweiten basischen Birne eine bedeutende Verminderung der basischen Zuschläge; es hat aber wegen der misslichen Ueberführung des Fluss-Metalls von einer Birne in die andere und der dabei statt findenden Wärme-Verluste wenig Eingang gefunden, um so weniger, als in neuester Zeit durch weitere Verbesserungen der Thomas'schen Erfindung ausser Reduzirung der sauren Schlacken-Menge auch noch andere wichtige Vortheile erreicht worden sind.

Diese Verbesserungen, welche im Prinzip in der Verarbeitung eines siliciumarmen, aber phosphorreichen Roheisens bestehen, verdanken wir den unermüdlichen Bestrebungen des Hörder Bergwerks- und Hütten-Vereins, der im September 1879 zuerst das Entphosphorungs-Verfahren von England nach Deutschland verpflanzte. Die in Hörde mit einem beträchtlichen Aufwande von Zeit und Kosten ins Werk gesetzten Versuche führten nämlich zu dem Ergebniss, dass es möglich sei, an Stelle des Siliciums als Temperatur-Erzeuger des Bessemer-Prozesses den sonst so

⁴ J. M. Harmet in Lyon (D. R.-P. No. 8549).

gefürchteten Phosphor zu setzen, mit andern Worten: anstatt des theuern Bessemer-Roheisens das billige, gewöhnliche Puddel-Roheisen zu verarbeiten. Der Wärme-Effekt des Phosphors verhält sich nach einer Berechnung Dr. Ehrenwerth's⁵ zu demjenigen des Siliciums etwa wie 5 : 8, so dass unter sonst gleichen Umständen ein Roheisen mit etwa 2,4 % Phosphor hinsichtlich der Wärme-Entwicklung eben so gut zu verbessern ist, wie ein solches mit 1,5 % Silicium ohne Phosphor.

Ueber den Verlauf eines solchen basischen Prozesses, wie er in Hörde, bei Anwendung eines Luxemburger oder Lothringer ordinären weissen Roheisens mit weniger als $\frac{1}{2}$ % Silicium, mehr als 2 % Phosphor und etwa $2\frac{1}{2}$ % Kohlenstoff-Gehalt — event. auch unter Zusatz von Ferro-Phosphor — durchgeführt wird, giebt die unten stehende graphische Darstellung (nach Müller⁶) Aufschluss; dieselbe zeigt, in welchem Maasse und welchen Zeiträumen die Verbrennung der fremden Bestandtheile des Roheisens vor sich geht.



Die Charge ist von Beginn an eine heissgehende, da das geschmolzene Roheisen mit einer Temperatur von etwa 1400° — also beträchtlich mehr überhitzt als beim sauern Prozess — eingelassen wird, so dass ausser Silicium und Mangan auch der Kohlenstoff sofort zu verbrennen anfängt. Nach etwa 10 Minuten zeigt das Verschwinden der Bessemer-Flamme die nahe Ent-

⁵ Oesterr. Z. f. Berg- u. Hüttenw. 1879, S. 277—432.

⁶ Die Entphosphorung des Eisens im basischen Converter. Glaser's Annalen 1880. II., S. 273. Vergl. auch die D. R.-P. No. 12 700 und No. 13 614.

kohlung an und von diesem Augenblicke ab tritt eine rapide Verbrennung von Phosphor und Eisen, daher auch eine so enorme Temperatur-Erhöhung des Metall-Bades ein, dass es möglich ist, am Ende des Prozesses das Fluss-Metall steigend zu gießen, obgleich in Folge der Probenahme die Gesamt-Dauer der Charge vom Einlassen des Roheisens bis zur Beendigung des Gusses zuweilen 50 Minuten beträgt.⁷ Wie aus dem Diagramm ersichtlich ist, geht der Abbrand von Mangan und besonders von Schwefel in auffallend geringem Maasse vor sich, woraus man, (wie dies auch die Hörder Versuche bestätigt haben), schließen muss, dass zur gehörigen Eliminirung von Schwefel ein hoher Zusatz an Mangan nothwendig ist. Eine Erklärung dafür, dass Phosphor erst gegen Ende der Entkohlung zur Verbrennung gelangt, findet Müller in der überwiegenden Kohlenstoff-Affinität, die nach seinen Untersuchungen sogar bei heissgehenden Chargen im sauern Converter in der Eruptions-Periode die Silicium-Verbrennung zum Stillstand bringen kann. Er macht daher den Vorschlag, im basischen Converter mit kaltgehenden Chargen in einer Temperatur von etwa 1250° zu beginnen, weil nach seiner Meinung dann mit dem Silicium auch sofort Phosphor verbrennen wird und zwar bis zu dem Zeitpunkte, wo die auf 1400° gesteigerte Temperatur die Verbrennung von Kohlenstoff bewirkt. Die Zweckmäßigkeit des Müller'schen Vorschlages ist aber — soweit dem Verfasser bekannt — durch praktische Versuche noch nicht bestätigt worden.

Der Hörder basische Prozess kennzeichnet den neuesten Standpunkt der Thomas'schen Erfindung, deren Grundlage die Anwendung feuerfester basischer Ziegel bildet. Den Hrn. Thomas und Gilchrist gebührt unstreitig das hohe Verdienst, zuerst ein praktisch brauchbares basisches Futter erfunden zu haben, wenn auch die chemischen Bedingungen für die Entphosphorung längst vor ihnen bekannt waren.

Die Schwierigkeit der Herstellung eines solchen Futters beruht darin, dass das Futter zwei sich widersprechende Aufgaben zu erfüllen hat: es soll während des Prozesses behufs energischer Aufnahme von Phosphor und Kieselsäure möglichst erweichen und dabei, obgleich seine Schmelzbarkeit sich durch die Aufnahme erhöht, doch so viel Widerstand leisten, dass es eine genügende Anzahl von Chargen aushält. Diese Schwierigkeit hat Thomas

⁷ Um zu verhindern, dass Schlacke in die Form gelangt, gießt man den Stahl zuweilen durch einen besonderen Kanal, welcher unten in die Form einmündet. Bei diesem dem sogen. steigenden Gusse kühlt sich der Stahl in Folge des weiten Weges, den er im Kanal zurück zu legen hat, leicht ab.

hauptsächlich durch die während des Prozesses zugegebenen besonderen basischen Zuschläge überwunden, welche nicht allein die Kieselsäure der gebildeten Schlacke neutralisiren, sondern auch die Haltbarkeit des festen Futters unterstützen.

Es ist bereits hervor gehoben worden, dass bei älteren Versuchen Eisenoxyd als zu schmelzbar, Bauxit als zu kieselsäurehaltig und reine Magnesia als zu theuer befunden worden sind und dass erst die Versuche von Thomas mit Dolomit von hinreichend praktischem Erfolge begleitet waren. Der Dolomit des Durhamer Kohlenbeckens enthält etwa 7 % Kieselsäure, 3,5 % Thonerde und Eisenoxyd und 88 % kohlen sauren Kalk mit Magnesia, zeigt also eine Mischung, wie sie Thomas als die beste für ein feuerbeständiges basisches Futter bezeichnet hat und wie sie in Deutschland die Dolomite von Ratingen, Letmathe und Westhain aufweisen. Die natürliche, oder falls solche nicht zu haben ist, die künstliche Mischung wird fein gemahlen, bei mässiger Wärme getrocknet und endlich bei stärkster, nicht weit von Platin-Schmelzhitze entfernter Weissglühhitze gebrannt.⁸ In Folge des starken Brennens und des Entweichens der Kohlensäure ist das Schwinden der Steine sehr gross; die Düsseldorfer Ausstellung zeigte z. B. in der Gruppe des Hörder Bergwerks- und Hütten-Vereins und der Rheinischen Stahlwerke in Ruhrort Proben von Dolomit und Thon für die Herstellung basischer Ziegel in rohen und gebrannten Stücken neben einander, deren lineares Schwindmaass 20—25 % betrug.⁹

Das starke Schwinden dauert sogar noch im Converter fort und bereitet daher der Herstellung gut schliessender Stücke, namentlich in den Converter-Böden, erhebliche Schwierigkeiten, aus welchem Grunde die meisten Hüttenwerke beim Thomasiren heute mit aus basischer Masse gestampften Böden arbeiten. Obwohl ein gestampfter Boden (*pin-bottom*), in welchem die Düsenlöcher durch Einstecken von Bolzen hergestellt werden, viel widerstandsfähiger ist, als ein gemauerter, so hält er doch höchstens 15 Chargen aus, während die Dauer des aus Ziegeln hergestellten Converter-Futters durchschnittlich die An-

⁸ Die Feuerbeständigkeit der in Hörde nach Thomas' Rezept hergestellten Ziegel ist so gross, dass die Platinschale, in der man ein Stück eines Ziegels zum Schmelzen zu bringen sucht, selbst wegschmilzt, ehe nur das Ziegelstück an den Kanten abzuschmelzen anfängt. Glaser's Annal. 1880, II. S. 79.

⁹ E. Riley empfiehlt eine Mischung mit rohem Erdöl unter hydraulischer Pressung zur Verminderung des Schwindens (*Engineering*, 1879, Bd. 27, S. 427). Auch Theer soll in dieser Beziehung gute Dienste leisten, obgleich die Ziegel dadurch poröser werden.

zahl von 60 Chargen erreichen kann.¹⁰ Die Haltbarkeit des Futters wächst mit dem Gehalte an Magnesia, welches bekanntlich in reinem Zustande für sich allein den stärksten Säuren widersteht und selbst in Platin-Schmelzhitze noch unschmelzbar bleibt.¹¹

Daher gehen die neuesten Versuche darauf aus, nicht zu theure Ziegel aus reiner Magnesia herzustellen. Solche basische Magnesia-Ziegel (und auch Magnesia-Chamotte) sind in Hörde probirt worden¹² und haben die besten Resultate gegeben. Sie sind allerdings noch etwas theurer als Dolomit-Ziegel, lassen sich aber in den komplizirtesten Formen herstellen und ohne zu reissen oder zu schwinden brennen. Auch sind sie gegen Wasser unempfindlich, während die Dolomit-Ziegel, wenn sie nicht bald zerfallen sollen — ihres Kalk-Gehaltes wegen — sorgfältig vor Berührung mit Wasser in Acht genommen und aus diesem Grunde mit Theer, Petroleum u. s. w. vermauert werden müssen.

Ob nun Dolomit- oder Magnesia-Ziegel zur Anwendung kommen, jedenfalls bleibt es nothwendig, die Haltbarkeit des Futters durch basische Zuschläge zu unterstützen, weil das Futter weniger von der hohen Temperatur, als vielmehr von der chemischen Aktion der ausgeschiedenen Kieselsäure angegriffen wird. Die Verarbeitung eines siliciumarmen Roheisens bei Verwendung entsprechender basischer Zuschläge — die in Hörde aus sehr kiesel-säurefreiem, weder Wasser noch Kohlensäure haltendem gebranntem Kalk bestehen — erscheinen demnach als die besten Mittel zur Konservirung des basischen Futters.

Die Kosten dieser Zuschläge, sowie die Ausgabe für Anschaffung und Reparatur der basischen Steine sind nicht unerheblich und wenn man ferner in Betracht zieht, dass nach den bisherigen Erfahrungen beim Thomasiren der Abbrand etwa 5 bis 6 %, der Verbrauch an Spiegel-Eisen oder Ferro-Mangan 3—4 % höher, dagegen die Produktion 30 %¹³ geringer ist, als beim Bessemern, so ist wohl zu übersehen, dass trotz der Preisdifferenz zwischen ordinärem Puddel-Roheisen und deutschem Bessemer-

¹⁰ Nach Mittheilungen von Thomas auf dem letzten Meeting de *Iron und Steel-Institute* in London.

¹¹ Ueber die Schmelzbarkeit der in basischen Ziegeln vorkommenden Körper vergl. *Dingl. Pol. Journ.* 1880. Bd. 237, S. 136.

¹² Fortschritte in der Fabr. von bas. Ziegeln und bas. Ofenausfütterungen von Massenez in Hörde. *Stahl und Eisen* 1881. Augustheft.

¹³ Durch Einführung des Holley'schen Auswechslungs-Systems für ganze Converter behufs Ausbesserung des Futters (D. R.-P. No. 12 830 vom 23. Juni 1880) ist die Produktion in neuerer Zeit vielfach erhöht worden.

Roheisen das Thomas-Eisen sich im Preise vorläufig noch höher stellen wird, als das Bessemer-Eisen.

Um aber ein vollständigeres Bild von der etwaigen künftigen Bedeutung des basischen Prozesses zu gewinnen, müssen auch die Resultate desselben mit Bezug auf die Qualität des zu erzeugenden Produkts näher in's Auge gefasst werden.

Schon Snelus erblickte im Jahre 1872 bei seinem Versuche mit 1 t Roheisen von 0,3% Phosphor-Gehalt ein Fluss-Metall mit 0,4% Kohlenstoff und nur 0,006% Phosphor und Thomas¹⁴ reduzierte bei seinen ersten Versuchen mit Middelsborougher Roheisen den Phosphor-Gehalt des erblasenen Stahls von 1,46% auf unter 0,04%. Die in Deutschland beim Thomasiren erzielten Resultate waren in interessanter und belehrender Weise auf der Düsseldorfer Ausstellung zusammen gestellt: Der Hörder Verein und die Rheinischen Stahlwerke zeigten Proben von phosphorhaltigem Roheisen, Ferro-Phosphor, Ferro-Silicium, Ferro-Mangan, außerdem Bruch-, Torsions- und Lochungs-Proben des Thomas-Stahls, welche den Beweis liefern sollten, dass man denselben ebenso wie Bessemer-Stahl in beliebigen Härtegraden herstellen kann.

Unter allen Resultaten verdienen besonders die vom Hörder Werk herrührenden die meiste Beachtung, woselbst man — nach dem Berichte von Tunner über den derzeitigen Stand der Entphosphorung im Bessemer-Converter¹⁵ — fortwährend in reger und umsichtiger Weise bestrebt ist, zweckmäßige Verbesserungen des Prozesses zu erzielen, um die Produktion zu erhöhen und ganz nach Verlangen verschiedene Qualitäten Flusseisen und Flusstahl darzustellen.

Schon jetzt werden in Hörde — und auch in Witkowitz¹⁶ — nicht allein die weichen Sorten von Flusseisen für Façon-Eisen, Bleche, Niete und Drähte erzeugt, sondern auch Eisen-Schienen, Bandagen und Achsen fabrizirt, die befriedigende Verwendung finden.

Wie diese Resultate zur Genüge bekunden, ist der Thomas-Prozess über das Stadium der ersten Versuche längst hinaus. Wenn eine Zeit lang Zweifel gehegt wurden, dass es möglich sei, durch Thomasiren auch harte Stahl-Sorten von über 0,4% Kohlenstoff-Gehalt herzustellen, so ist diese Frage angesichts der von englischen und deutschen Werken zur Zufriedenheit der auftraggebenden Eisenbahn-Verwaltungen effektuirten Schienen-Lieferungen heute wohl definitiv zu gunsten des basischen Prozesses entschieden. Allseitig wird daher auch anerkannt, dass

¹⁴ *Iron* 1879, Bd. 13, S. 582; *Engng.* 1879, Bd. 27, S. 425.

¹⁵ Glaser's *Annalen* 1880. II. S. 252.

¹⁶ *Stahl und Eisen.* 1881. November. S. 180.

es ohne technische Schwierigkeiten gelingt, durch Thomasiren aus phosphorhaltigem Roheisen weiche und harte Sorten von Flusseisen und Flusstahl zu erzeugen, welche ein ebenso reines oder noch reineres Metall zeigen, als das aus englischem Hämatit-Roheisen oder deutschem Bessemer-Roheisen dargestellte Bessemer- oder Martin-Siemens-Eisen.

Die Frage der künftigen Bedeutung des Thomas-Prozesses hat sich danach im wesentlichen zu einer Kostenfrage zugespitzt, die sicher in nicht zu ferner Zeit eine befriedigende Lösung finden wird, um so mehr, als bereits zahlreiche Werke in Deutschland, Frankreich, Amerika und England nach dem neuen Verfahren produziren, während viele andere Werke zu diesem Zwecke Neu-Anlagen machen oder die alten bestehenden Einrichtungen entsprechend abändern.¹⁷ In England, wo der Preisunterschied zwischen dem aus spanischen Hämatit-Erzen und aus einheimischen clevelandischen phosphorhaltigen Erzen erzeugten Roheisen nur ein geringer ist, scheinen die anfänglich an die Einführung des Thomas-Prozesses geknüpften großen Erwartungen im Abnehmen begriffen zu sein, während auf dem Kontinente und speziell in Deutschland, dem die kolossalen phosphorhaltigen Erz-Ablagerungen im Saar-Gebiet, in Lothringen und dem benachbarten Luxemburg zu Gebote stehen und das über die ebenfalls phosphorhaltigen Erze des Nassauer Landes, des Siegener Distrikts, der Fundstätten am Harz und in Schlesien verfügt, der Glaube an die große Zukunft des basischen Verfahrens stark im Wachsen ist. Da auch in der Fabrikation feuerfester basischer Ziegel inzwischen bedeutende Fortschritte erzielt worden sind¹⁸ und das zur Herstellung derselben erforderliche Material sich bei uns in ausgezeichneter Qualität und in ausreichenden Quantitäten vorfindet, so lässt sich aus Allem wohl mit einiger Sicherheit der Schluss ziehen, dass die künftige Verwendung der einheimischen Erze für die Flusseisen-Darstellung die selbständige Stellung der deutschen Eisen-Industrie gegenüber dem Auslande stärken und das National-Vermögen vermehren wird.¹⁹

¹⁷ Vergl. Glaser's Annalen, 1881, II. S. 98, wo die Firmen von 13 deutschen und österreich., 9 belg. und französ. und 7 englisch. Werken genannt sind. In Amerika sollen nach Thomas 11 Werke produziren.

¹⁸ Fabriken für feuerfestes basisches Material sind: von Vygen & Cie. in Duisburg und Dr. Otto & Cie in Dahlhausen a. R.

¹⁹ Litteratur: Dingl. Polyt. Journal 1879—1881; Glaser's Annalen 1879—1881 Stahl und Eisen 1881; Mittheilungen des Vereins deutscher Eisenhüttenleute in der Köln. Zeitung im Jahre 1880.

Die Qualität von Schweißseisen und Flusseisen.

Die beim Puddeln, Flammofen-Frischen oder Bessemern erzeugten Rohprodukte werden bei ihrer Umwandlung in Handelsware einem Verfeinerungs-Prozess unterworfen, der in einer Reinigung und einer Verbesserung besteht. Die Reinigungs-Arbeiten sollen das Eisen von den noch vorhandenen Schlackenmengen bzw. Blasenräumen befreien, während man durch die Verbesserungs-Arbeiten die Ungleichmäßigkeit des Kohlungsgrades in den einzelnen Theilen des Eisens beseitigen, d. h. das Eisen möglichst homogen machen will.

Die Puddel-Luppen werden zuerst durch das sogen. Zängen unter Hämmern oder Walzen ausgequetscht, sodann die gezängten Luppen zu Rohschienen (Luppenstäben) verarbeitet und endlich die aus letztern gebildeten Packete unter Hämmern oder Walzen geschweißt. Die Wirkung dieser Verfeinerungs-Arbeiten äußert sich bei den verschiedenen Schweißseisen-Sorten in der Art, dass beim sehnigen Eisen das ursprüngliche Korn der Luppe sich in Sehne umwandelt, während beim Feinkorneisen und Schweißs- oder Puddel-Stahl das Korn bleibt, sich aber stark verfeinert, eine Erscheinung, die hauptsächlich von der Verschiedenheit der beim Puddel-Prozess zur Anwendung gekommenen Rohmaterialien herrührt.¹

Die Reinigung der Flusseisen-Gussblöcke (Ingots) — bei denen vor dem Gusse sich die flüssige Schlacke von selber durch ihr geringes spezifisches Gewicht abgesondert hat, die aber in Folge von Gas-Ausscheidungen während des Gusses Blasenräume enthalten — erfolgt durch die Operation des Dichtens, ebenfalls

¹ Das erste stahlartige Feinkorneisen stellte Morel 1845 zu St. Chamond bei St. Etienne dar, den ersten tadellosen Puddel-Stahl 1846 Zintgraff zu Geisweid bei Siegen. Eingeführt ist das Stahlpuddeln seit 1849 durch Lohage zu Haspe in Westfalen.

unter Hämmern oder Block-Walzen, wobei den Blöcken nur die für die spätere Formgebung im Walzwerk erforderliche Gestalt gegeben wird, falls sie solche nicht durch den Guss in die Coquillen sofort erhalten haben. Die Erfahrung lehrt, dass es trotz der sorgfältigsten Dichtung nicht immer gelingt, alle Blasenräume aus dem Innern des Metalls zu entfernen und dieses ganz homogen zu erhalten; es scheint nur fest zu stehen, dass durch Hämmern der Ingots die Blasenräume am besten entfernt werden, während sie beim Walzen sich platt drücken und, ohne ganz zu verschwinden, in die Länge strecken. Es muss daher gegen ihre Existenz schon beim Gusse in die Coquillen angekämpft werden; doch ist bis jetzt ein vollständiger Erfolg durch keins der in Anwendung gekommenen Mittel erreicht worden, so dass eine vollkommen dichte Flussmetall-Waare heut zu Tage noch zu den Seltenheiten gehört.²

Das gedichtete Fluss-Metall wird, ohne weitere Verbesserungs-Arbeiten zu erleiden, durch die Formgebung in Walzeisen oder Blech übergeführt. Große Stahl-Schmiedestücke oder stählerne Achsen u. s. w. werden zuweilen auch durch direkten Guss des Flusstahls in entsprechenden Masseformen hergestellt, aber der Erzeugung von eigentlichem Gusstahl (aus Schweisstahl oder Flusstahl) für feinere Façon-Stücke (auch für Werkzeug-Stahl) geht stets noch ein Verbesserungs-Prozess durch Umschmelzen wohl sortirter Stahlstücke in feuerbeständigen Tiegeln voraus. Den auf letztere Weise durch Gießen aus Tiegeln in feuerfesten Masseformen dargestellten Gusstahl, mit welchem Namen vielfach fälschlich auch der Flusstahl belegt wird, nennt man zur Unterscheidung von gewöhnlichem Stahl-Façonguss,³ der direkt aus dem Flammenofen oder — seltener — aus dem Converter gegossen wird, Tiegel-Gusstahl. —

Bei Vergleichung der Qualität der fertigen Produkte von Flusseisen und Schweißseisen sind vor allem die Eigenschaften der Schweißbarkeit und Festigkeit in Betracht zu ziehen. Im allgemeinen steht fest, dass Flusseisen eine größere Festigkeit besitzt als Schweißseisen, dass das letztere aber in Bezug auf Zähigkeit und namentlich Schweißbarkeit dem Flusseisen über-

² Ueber undichte Stahl-Güsse und Mittel zur Verhütung von Blasen-bilden (z. B. Gießen unter hydraulischem oder Dampfdruck, schnelles Umdrehen der Coquillen beim Gusse, Zusatz von Silicium u. s. w.) vergl. *Eng.* 1880, Bd. 50, S. 113; *Iron* 1880, Bd. 16, S. 116; *Annalen für Gewerbe und Bauwesen* 1880, II., S. 138 u. 476; *Dingl. Polyt. Journ.* 1881, Bd. 239, S. 136.

³ Der Erfinder des Stahl-Façongusses war der verstorb. Direktor des Bochumer Ver., Jacob Mayer, der im Jahre 1856 zuerst Glocken und Eisenbahn-Scheibenräder goss.

legen ist und dass endlich durch die Fabrikation sowohl bei Schweisseisen als auch bei Flusseisen die Zähigkeit des Produkts nur auf Kosten der Festigkeit erhöht werden kann und umgekehrt. Der ursächliche Zusammenhang dieser verschiedenen Erscheinungen mit Struktur und chemischer Zusammensetzung der beiden Eisen-Gattungen ist bis heute noch nicht vollständig aufgeklärt. Namentlich über die Ursachen der Schweissbarkeit gehen die Ansichten der Autoritäten sehr auseinander. Es giebt sogar Fachleute,⁴ die das bislang allgemein als richtig anerkannte Gesetz, nach welchem die Schweissbarkeit mit wachsendem Kohlenstoff-Gehalte des Eisens abnimmt, wonach also Stahl schlechter schweisst als Eisen, umstossen¹ und behaupten, körniges Eisen schweisse besser als sehniges.

Am wahrscheinlichsten ist es, dass der charakteristische Unterschied der beiden Eisen-Gattungen, der darin besteht, dass das Flusseisen schlackenfrei, während das Schweisseisen immer mit kleinen Schlackentheilen durchmengt ist, mit der geringeren oder größeren Schweissbarkeit zusammen hängt. Bekanntlich ist ja bei der Operation des Schweissens das Vorhandensein einer kieselsäurereichen Schlacke zur Lösung der auf den Oberflächen der zu vereinigenden Eisentheile in der Schweisshitze entstehenden Eisenoxyd-Schicht von grossem Werthe, da eine innige Schweissung stets nur bei vorhandenen metallisch reinen Oberflächen durch Adhäsion eintritt.⁵ Dass die dem Schweisseisen trotz aller Verbesserungs - Arbeiten stets noch inne wohnende Schlackenmenge diese Aufgabe beim Schweiss-Prozess erfüllt, sieht man am besten beim Walzen von Packeten, die stets um so vollkommener schweissen, je mehr noch ungeschweisste, direkt aus den Luppen geschnittene Rohstäbe das Packet enthält.

Auch die chemische Beschaffenheit des Eisens kann auf die Schweissbarkeit desselben bedeutend influiren: es steht fest, dass Phosphor die Schweissbarkeit erhöht und dass — abgesehen von einigen gelinden Zweifeln bezüglich des Schwefels und Siliciums — Schwefel, Kupfer, Arsen, Antimon und Silicium⁶ ziemlich allgemein als Feinde der Schweissbarkeit gelten; nur über den Einfluss von Mangan sind die Meinungen der Fachmänner getheilt. Einerseits wird behauptet, ein Zusatz von Ferro-Mangan, wie ihn der deutsche Bessemer-Prozess bedingt, beeinträchtigt die Schweissbarkeit des Produkts. Dagegen wird anderseits die Meinung auf-

⁴ Annalen für Gew. u. Bauw. 1880. I. S. 582.

⁵ Ueber die Schweissung des Eisens von Wedding. Annalen f. Gew. u. Bauw. 1880. I. S. 203.

⁶ Nach Wedding und andern vermindert Silicium die Schweissbarkeit. 0,40/o Sil. machen das Eisen faulbrüchig.

recht erhalten, dass die geringere Schweißbarkeit nicht vom Mangan-Gehalte des Eisens, sondern von den ihm beigemengten Eisen-Oxyden herrühre. Von beiden Seiten wird zum Beweis auf die anerkannt vortreffliche Schweißbarkeit des schwedischen Bessemer-Stahls hingewiesen, der, weil er nicht vollständig entkohlt und ohne Rückkohlung dargestellt wird, nur Spuren von Mangan und auch nur wenig Oxyde beigemengt enthält. Da aber auch österreichisches und deutsches Bessemer-Metall schon schweißbar hergestellt worden ist, wie die ältern Schienen mit Bessemer-Stahlköpfen bekunden, ferner auch die Bessemer-Stahlbandagen, die z. B. in Hörde anfänglich wie Puddelstahl- und Feinkorn-Bandagen geschweißt wurden, so ist es wahrscheinlicher, dass die Schweißbarkeit des schwedischen Fluss-Metalls nicht in dem Mangel an Mangan, sondern vielmehr in der geringen Gröfse der Oxyd-Beimengung zu suchen ist.⁷ Hiermit würde auch die Ansicht von Fachmännern im Einklang stehen, nach welcher heißgehende Chargen — welche die Oxyd-Bildungen verringern — auf die Erzeugung eines schweißbaren Bessemer-Metalls förderlich einwirken.

Ob nun Bessemer-Eisen im allgemeinen besser schweißbar darzustellen ist, als Martin-Siemens- oder Thomas-Eisen, ist nach den heutigen Erfahrungen noch nicht endgültig zu entscheiden. Wenn die Oxyd-Beimengungen allein ausschlaggebend wären, so müsste das Bessemer-Eisen besser schweißen als das Martin-Siemens-Eisen, welches in Folge der kälter gehenden Chargen des Flammofens mehr Oxyde beigemengt enthält als das erstere. Dies scheint aber nicht der Fall zu sein. Auf der Düsseldorfer Ausstellung war die Schweißbarkeit des weichen Martin-Siemens-Eisens genügend dargethan. Die Gutehoffnungshütte hatte z. B. ein aus 13 einzelnen Lagen zusammen geschweißtes Flusseisen-Packet ausgestellt, sowie auch eine Probe, in welcher 16 Flusseisenstäbe von je 10 qmm Querschnitt zusammen geschweißt, ausgereckt, gelocht und ausgebreitet waren.

Schweißproben von Thomas-Eisen waren in Düsseldorf noch nicht zu sehen; dagegen sollen — nach dem Vortrage von Kupelwieser aus Witkowitz, gehalten im Okt. v. J. auf der Herbst-Versammlung des „*Iron and Steel Institute*“⁸, — die in Witkowitz erzeugten, weichen basischen Produkte den im sauern Converter dargestellten überlegen sein und dem besten

⁷ Ueber die Schweißung von Schweißseisen und Flusseisen. Ann. f. Gew. u. Bauw. 1880, I., S. 576.

⁸ Stahl und Eisen 1881. November, S. 180.

schwedischen Material an Qualität gleich kommen. Die in Witkowitz fabrizirten basischen Bleche (zu Kesseln und Lokomotiv-Röhren) sollen nach den vorgelegten Proben ausgezeichnet schweißen und zwar derart, dass es möglich ist, wie beim schwedischen Material, aus Scherabschnitten hergestellte Pakete zu vorzüglichem Nieteisen auszuwalzen.

Es ist nach Vorstehendem zur Zeit also noch nicht möglich, über die Frage der größern oder geringern Schweißbarkeit der verschiedenen Flusseisen-Gattungen definitiv zu entscheiden. Dies wird erst geschehen können, wenn es den immerwährend auf diesen Punkt gerichteten Forschungen endlich gelungen sein wird, die innern Ursachen der Schweißbarkeit sicher fest zu stellen.⁹ Dann werden die Hüttenmänner gewiss auch Mittel und Wege finden, beliebige und bestimmte Flusseisen-Qualitäten in Form gewöhnlicher Handelswaare darzustellen, die nicht — wie bisher — nur in einzelnen Fällen durch geschickte Schmiede mit Anwendung von Hilfsmitteln, sondern wie das Schweißseisen, durch den gewöhnlichen Schmied regelmäßig, leicht und gut geschweißt werden können. —

Weit wichtiger als die Frage der Schweißbarkeit ist, speziell für den Konstrukteur, diejenige der Festigkeit und der damit im Zusammenhange stehenden Zähigkeit. Die Festigkeit des Eisens ist in erster Linie von der chemischen Zusammensetzung desselben abhängig, sie wächst mit dem Kohlenstoff-Gehalte, kann dabei aber besonders durch Phosphor und Schwefel beeinträchtigt werden. Und zwar stehen diese beiden ärgsten Feinde des schmiedbaren Eisens sich in ihren Wirkungen direkt gegenüber. Der schädliche Einfluss von Phosphor tritt namentlich bei kalter Bearbeitung des Eisens hervor und ist, weil er mit wachsendem Kohlenstoff-Gehalte zunimmt, im Stahl am fühlbarsten, während dagegen der Einfluss von Schwefel mit abnehmendem Kohlenstoff-Gehalte an Stärke gewinnt und daher die Festigkeit des Schmiedeisens — besonders in der Glühhitze — stark vermindert.¹⁰ Weil nun Phosphor und Schwefel am sichersten beim Puddeln zu entfernen sind, so kann man auf die gleich-

⁹ Der Verein zur Beförd. des Gewerbfl. hat auf Wedding's Antrag beschlossen, vergleichende Versuche über die Schweißbarkeit der versch. Eisenarten anzustellen und dabei zu untersuchen, ob und inwieweit ein Gehalt an Phosphor, Silicium, Schwefel und Mangan die Schweißbarkeit befördere oder beeinträchtigt. Annalen für Gewerbe und Bauwesen 1880, I., S. 203.

¹⁰ Es darf enthalten: kohlenstoffarmes Schmiedeisen bis zu 0,75 % Phosphor
 „ reiches „ „ „ „ 0,50 % „
 Stahl nicht über 0,06 % „
 0,04 % Schwefel-Gehalt machen Schmiedeisen und Stahl schon unbrauchbar.

mäßige Festigkeit einer Lieferung von Schweifseisen bzw. Schweisstahl sicherer bauen, als dies unter ähnlichen Verhältnissen beim Fluss-Metall der Fall sein wird, aus welchem diese schädlichen Beimengungen zwar auch in genügendem Maasse zu entfernen sind, aber — was die Prozentsätze anbelangt — nicht immer mit so unbedingter Genauigkeit wie beim Schweifseisen.

Nach der Bruch-Festigkeit des in Anwendung kommenden Materials allein soll aber der Sicherheits-Grad einer Konstruktion nicht abgemessen werden: es muss auch noch die Arbeitsfähigkeit desselben, d. h. das Verhältniss der Zähigkeit zur Festigkeit mit in Rechnung gezogen werden. Die Frage der Zähigkeit des Materials spielt daher unter den verschiedenen Gesichtspunkten, von denen aus die künftige Verwendung von Fluss-Metall zu Konstruktions-Zwecken zu betrachten sein wird, eine wichtige Rolle. Es ist zwar schwierig, die Arbeitsfähigkeit verschiedener Material-Gattungen mit einander zu vergleichen, weil zur Zeit die Ansichten darüber, welches Maafs der Zähigkeit oder welchen Qualitäts-Koeffizienten man der Vergleichung zu Grunde legen soll, noch nicht überein stimmen; es lässt sich aber voraus sehen, dass irgend eine der vorgeschlagenen Methoden mit der Zeit allgemeine Anerkennung erlangen wird.

Nach den Vorschlägen einer Kommission des Verbandes deutscher Arch.- und Ing.-Vereine und des Vereins deutscher Eisenbahn-Verwaltungen, die aus den Jahren 1877 und 1878 datiren, sollte die Kontraktion — Einschnürung an der Bruchstelle bei Zerreifs-Proben — allein als Maafs der Zähigkeit gelten. Die nach diesem Grundsatz durchgeführte Klassifikation von Eisen und Stahl hat sich inzwischen schon, ohne im allgemeinen staatliche Anerkennung gefunden zu haben, in Deutschland, Oesterreich und zum Theil auch in der Schweiz eingebürgert und liegt auch den Lieferungs-Bedingungen für Achsen, Radreifen und Schienen aus Flusseisen bzw. Flusstahl zu Grunde, welche durch Beschluss der am 28. und 29. Juli 1879 zu Salzburg abgehaltenen General-Versammlung des Vereins deutscher Eisenb.-Verwaltungen den Vereins-Verwaltungen und — mit geringen Abänderungen — durch Erlass des preussischen Ministers der öffentlichen Arbeiten vom 2. Juli 1880 den unter Staatsverwaltung stehenden Bahnen zur Anwendung empfohlen worden sind.

Der Verein deutscher Eisenhüttenleute hat sich mit diesen Ergebnissen nicht begnügt, sondern selbständig eine Kommission zur Revision der bekannt gewordenen Klassifikations-Bedingungen für Eisen und Stahl eingesetzt, nach deren von der General-Versammlung im Mai 1881 genehmigtem Gutachten die Zähigkeit

durch Schlag- und Biege-Proben sicherer geprüft werden kann, als durch Zerreiß-Proben mit Stäben von geringem Querschnitt, weil der kleinste Fehler im Material, der sonst die Brauchbarkeit des Stückes in keiner Weise beeinträchtigen würde, oder der geringste Fehler bei der Bearbeitung des Versuchsstückes einen wesentlichen Einfluss auf das Resultat ausübt. Ferner wird von der Kommission die Kontraktion als Maafs der Zähigkeit verworfen und die Einführung der Dehnung — Längen-Aenderung beim Bruche — empfohlen, weil nach ihrer Meinung die Bildung der Kontraktion mit der Qualität des geprüften Materials in keiner Beziehung steht. Zu demselben Ergebnisse ist auf Grund seiner Versuche auch Prof. Tetmajer in Zürich¹¹ gekommen, der deshalb ebenfalls nur die Dehnung als Maafsstab der Zähigkeit zu Grunde legen will und die Widerstandsfähigkeit des Materials — die Arbeits-Kapazität — durch das Produkt aus der Bruchfestigkeit und der in Prozenten ermittelten Dehnung ausdrückt. Der Qualitäts-Koeffizient wird, nach Tetmajer, durch die Formel $n = \text{Zugfestigkeit pro } q_{cm} \times \text{Dehnung in } \%$ gebildet, während die deutschen Eisenbahn-Verwaltungen, nach dem Vorgange Wöhler's, den Qualitäts-Koeffizienten $n = \text{Zugfestigkeit pro } q_{mm} + \text{Kontraktion in } \%$ akzeptirt haben.

Eine Einigung der Gruppen der Konsumenten und Produzenten über einen allgemein einzuführenden Qualitäts-Koeffizienten für Eisen und Stahl wird wohl nicht eher erfolgen, als bis erstere darauf verzichten, den letzteren Bedingungen vorschreiben zu wollen und letztere ihre Ansprüche an die Qualität des zu liefernden Materials auf ein angemessenes Maafs herunter schrauben. Hoffentlich liegt dieser Zeitpunkt nicht mehr fern, denn der heutige Zustand, wo in den Spezial-Bedingungen für die Lieferung von Eisenkonstruktionen die verschiedensten, oft unerfüllbaren Ansprüche mit Bezug auf Festigkeit und Zähigkeit der anzuliefernden Materialien gestellt werden, ist nachgerade für alle dabei interessirte Parteien ein unhaltbarer geworden.

Sobald allgemein anerkannte Qualitäts-Koeffizienten für verschiedene Material-Gattungen existiren, wird es leicht sein, dasjenige Material für eine Konstruktion auszuwählen, welches auch mit Rücksicht auf seine Arbeitsfähigkeit das billigste ist.

Die Frage der künftigen Verwendung des Flusseisens zu Konstruktions-Zwecken des Hoch- und Brückenbaues hängt aber weiter nicht allein von der Arbeitsfähigkeit des unbearbeiteten Materials der Konstruktions-Elemente, sondern vornehmlich

¹¹ Zur Frage der Klassifikation von Eisen und Stahl. Die Eisenbahn 1881. No. 3 und No. 16.

davon ab, ob und in welchem Maasse die zu einer tragenden Konstruktion verbundenen Elemente bei stattfindender Belastung ihre Festigkeit und Zähigkeit ändern. Es ist erfahrungsmässig konstatirt worden, dass das Fluss-Metall gegen Bearbeitung im kalten Zustande durch Hämmern, Stanzen und Bohren u. s. w. weit empfindlicher ist, als Schweisseisen und dass z. B. aus homogenem Material erzeugte Schienen, sobald sie eingeklinkt oder gebohrt sind, unter Einwirkung von Stößen oder bei Schlag-Proben oft sich widersprechende Resultate bezüglich ihrer Festigkeit liefern. Dies unsichere Verhalten der Schienen aus Fluss-Metall hat die meisten Eisenbahn-Verwaltungen dahin geführt, ein Einklinken oder Bohren der Füße nicht mehr ausführen zu lassen und die Kommission des Vereins deutscher Eisenhüttenleute nimmt auf diese Erscheinung Rücksicht, indem sie Schlag-Proben nur für ungeklinkte und ungebohrte Schienen vorschreiben will. Man könnte danach vermuthen, dass Fluss-Metall bei seiner Verwendung zu tragenden Konstruktionen, die starke Stöße zu erleiden haben, auch ein ähnliches unsicheres Verhalten mit Bezug auf die Grenzen seiner Festigkeit zeigen müsse.

In dieser Vermuthung sind die beteiligten technischen Kreise durch die von der Harkort'schen Brückenbau-Anstalt in Duisburg und auch von der Gesellschaft Union zu Dortmund bei Gelegenheit der Erbauung der grossen Strombrücken im holländischen Eisenbahn-Netze im Auftrage der niederländischen Regierung veranstalteten Versuche mit aus Schweisseisen, Flusseisen und Flusstahl hergestellten genieteten Brücken-Trägern bestärkt worden. Die aus Material von der in der folgenden Tabelle angegebenen Festigkeit hergestellten Versuchs-Träger sind z. B. auf der Harkort'schen Träger-Probirmaschine ¹², die mit Hülfe einer Belastung durch Wassergewicht und Hebelübertragung auf einen Punkt einen Druck von 250 t konzentriren kann, geprüft worden und zeigten dabei *in max.* — ausgedrückt in Prozenten der theoretischen Tragkraft — die in der Tabelle angegebene wirkliche Tragkraft.

Das überraschende Resultat ist also, dass die Träger aus Schweisseisen, wenn man beim Vergleich das Produkt aus Festigkeit und wirklicher Tragkraft zu Grunde legt, nahezu dasselbe geleistet haben, wie die aus dem festeren und zäheren Flusseisen-Material hergestellten — eine auffallende Erscheinung, deren Ursache im allgemeinen nur in der grossen Empfindlichkeit

¹² D. R.-P. No. 10466 vom 28. Dezbr. 1879. Die grösste Träger-Probirmaschine dürfte wohl zur Zeit die von der Regierung der Vereinigten Staaten im Watertown-Arsena aufgestellte sein, welche 400 t hydraulischen Druck ausüben kann und mit aufserordentlicher Genauigkeit arbeiten soll. *Engineering* vom 29. März 1879.

Wirkliche Tragkraft in 0/0 der theoretischen	Material der Träger	Durchschnittliche		
		Festigkeit in kg pr. qmm	Kontraktion in 0/0	Dehnung in 0/0
81	} Flusstahl . . {	84	32	14
63		66	39	16
82	Flusseisen	46	46	22
96	Schweißseisen . .	39	26	20

des Flusseisens gegen kalte Bearbeitung und vornehmlich auch wohl in seiner bereits erörterten Undichtigkeit gesucht werden kann.

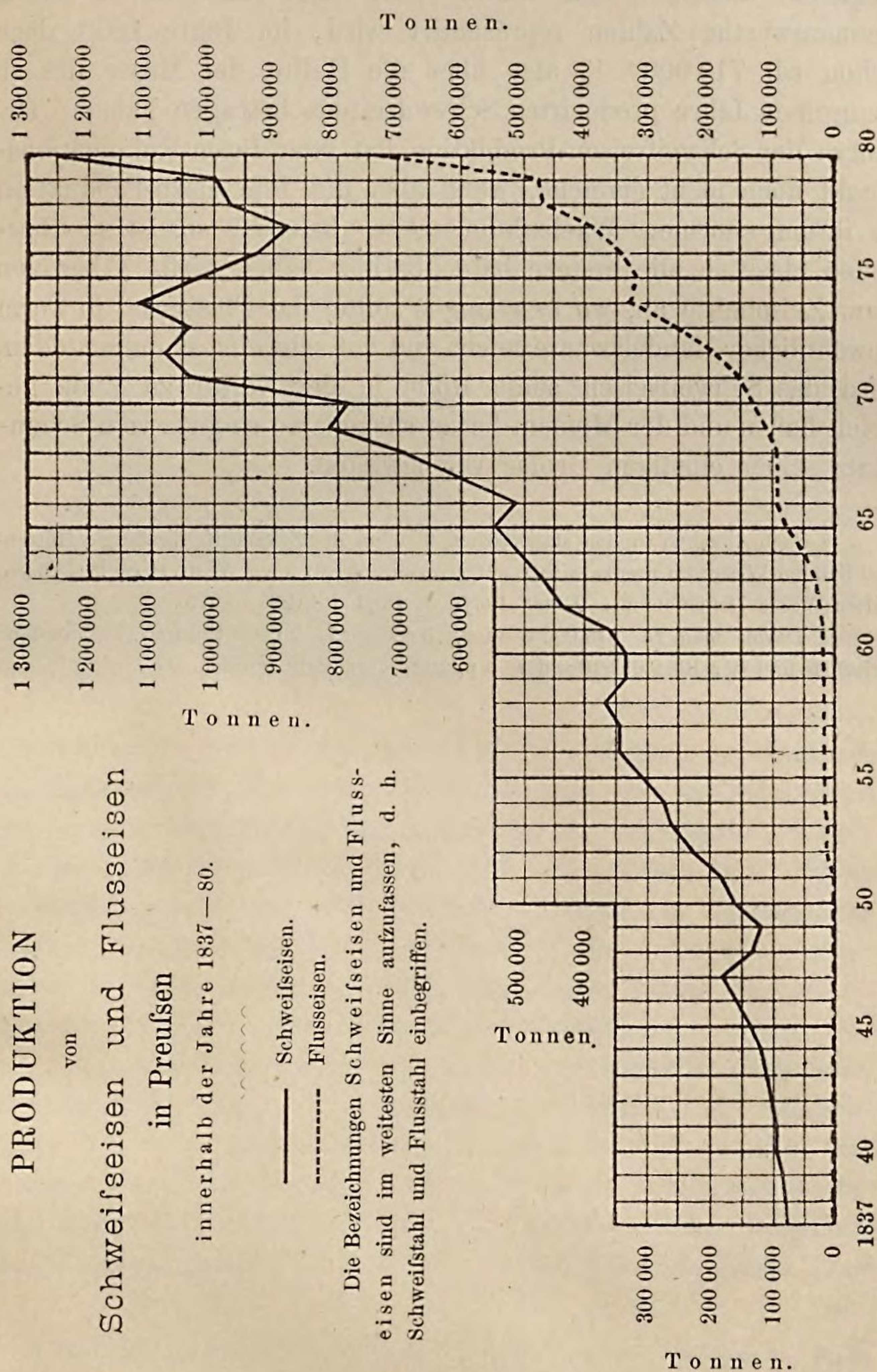
Noch viel ungünstigere Resultate wurden durch die Union bei Prüfung der stählernen Längs- und Querträger der Rheinbrücke bei Arnheim und der Waalbrücke bei Nymwegen erzielt. Obgleich das Material der Träger mit Bezug auf Festigkeit und Zähigkeit das beste war, so blieb doch die Tragfähigkeit der genieteten Konstruktionen weit hinter den gehegten Erwartungen zurück. Das Reißen der Bleche und Winkel geschah oft in so willkürlicher Weise an verschiedenen Stellen, dass keinerlei Schlüsse aus der Bruchform hergeleitet werden konnten. Das End-Resultat der Prüfung war denn auch Zurückweisen fast aller Stahl-Träger und Ersatz derselben durch Schweißseisen-Träger.

Es wäre verfrüht, aus diesen vereinzelt dastehenden Resultaten Schlüsse auf die Möglichkeit und Zweckmäßigkeit der Verwendung von Fluss-Metall zu tragenden Konstruktionen zu ziehen; es müssen vorerst weitere Erfahrungen, die hoffentlich über diesen wichtigen Gegenstand mehr Licht verbreiten, abgewartet werden und es ist auch wahrscheinlich, dass mit Rücksicht auf die stets wachsenden Fortschritte in der Erzeugung bestimmter Flusseisen-Qualitäten die dann zu Tage tretenden Resultate erfreulichere sein werden.

Zur Zeit herrscht, hervorgerufen durch mannichfache berechtigte Klagen über Ungleichmäßigkeit des gelieferten Materials, noch ein starkes Misstrauen gegen das Fluss-Metall; doch wird dasselbe sicher rascher schwinden als die Vorurtheile, die man vor 50 Jahren, nach Erfindung des Puddel-Prozesses und der Einführung des Walzeisens bei uns lange Zeit gegen das gepuddelte und gewalzte Eisen — gegenüber dem auf dem Herde gefrischten und unter Hämmern geschmiedeten — zur Schau trug.

Frankreich geht uns schon jetzt in der Verwendung des Fluss-Metalls zu mancherlei Konstruktions-Zwecken, insbesondere für den Schiffsbau, voran; England, das schon länger Dampf-

kessel aus Flusseisen fabrizirte, fängt in neuester Zeit ebenfalls an, in seinen Arsenalen und Werften dies Metall in steigender Menge zu verarbeiten und auch in Deutschland und Oester-



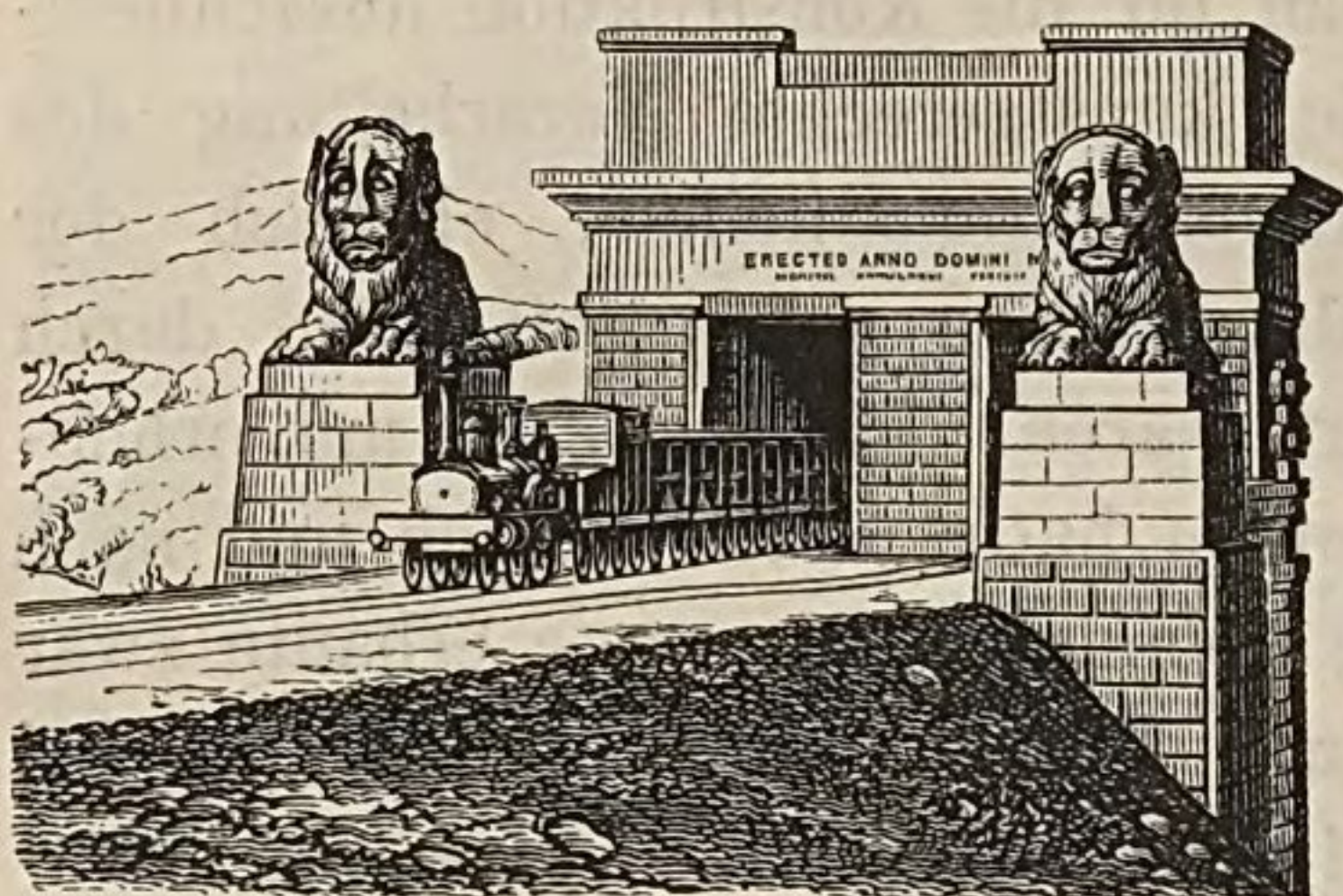
reich ist der Konsum von Flusseisen, namentlich für Eisenbahn-Zwecke, z. B. für Schienen, Schwellen, Wagenachsen und Radbandagen, in lebhafter Zunahme begriffen. Aus der nebenstehenden graphischen Darstellung der Produktion des schmiedbaren

Eisens — Schmiedeisen und Stahl — in Preußen innerhalb des Zeitraums vom Jahre 1837 bis Ende 1880 ¹³ ist zu entnehmen, dass die Masse des produzierten Fluss-Metalls obgleich dieselbe vom Jahre 1837 bis 1850 durch kaum nennenswerthe Zahlen repräsentirt wird, im Jahre 1880 doch schon rd. 710 000 t ¹⁴, also über die Hälfte der Masse des in demselben Jahre produzierten Schweißeisens betragen haben. Die Kurve der Schweißeisen-Produktion hat zwar ihren Kulminations-Punkt noch nicht erreicht, wenn aber die Flusseisen-Produktion in ihrem enormen Wachsthum weiter beharrt, so ist zu übersehen, dass sie die erstere bald überholt haben wird. Aber von dem Zeitpunkte an, wo es gelingen sollte, das Flusseisen in Form gewöhnlicher Handelswaare leicht und gut schweißbar darzustellen, wird das Schweißeisen seine Rolle in der Kultur zu Ende gespielt haben und der Moment heran rücken, wo es ganz vom Schauplatz seiner einstigen Gröfse verschwindet.

¹³ Nach Angaben in den statistischen Theilen der Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinen-Wesen im preuß. Staate aufgetragen. Vergl. auch Wedding, Das Eisen hütten-Wesen Deutschlands. Dingl. Polyt. J. 1880. Bd. 238, S. 79.

¹⁴ Davon sind rd. 618 000 t durch Bessemern, 90 000 t durch Flammofen-Frischen und der Rest durch andere Apparate dargestellt worden.

Notizen über die Herstellung eiserner Brücken.



Einleitung.¹

Die Kunst eiserne Brücken zu bauen, die im Laufe unseres Jahrhunderts durch die Erfindung und Ausbreitung der Eisenbahnen zu so hoher Bedeutung gelangt ist, ging von jeher Hand in Hand mit den Fortschritten auf dem Ge-

biete der Eisen-Erzeugung und nahm ihren Anfang in England, dem Heimathlande der Eisen-Industrie und der Eisenbahnen.² Dort, in dem berühmten Coalbrookdale, wo Abraham Darby und sein Sohn Thomas im Jahre 1735 zum ersten Male Kokes als Brennmaterial für den Hochofen-Prozess in Anwendung brachten, wo auch später im Jahre 1776 die erste gusseiserne Schiene gegossen wurde, entstand drei Jahre später die erste eiserne Brücke, die gusseiserne Bogenbrücke über die Saverne,³ deren Konstruktion für die nachfolgenden Bauwerke Ton angehend wurde. Die Erbauer der Brücke, die Hüttenmeister Darby⁴ und Wilkinson waren allerdings nicht die Erfinder der Idee, eiserne Brücken zu bauen, denn dieser Gedanke findet sich (nach Gauthey) schon in italienischen Schriften des 16. Jahrh. ausgesprochen und wurde später im Jahre 1719

¹ Geschichtliche Litteratur: Heinzerling, die Brücken in Eisen 1870. Rziha „Eisenbahn-Ober- und Unterbau. Wiener Weltausstellungsbericht. 1877.

² Eiserne Hängebrücken für Fußgänger, wenn auch nur in primitivster Konstruktion, existirten schon vor 1600 in China und seit 1741 in England.

³ Die Brücke hatte 30,6 m Spannsw., 12,8 m Pfeil und enthielt 7161 Z Gusseisen.

⁴ Der Name wird oft auch mit Darley und Derley angegeben.

von dem Franzosen Désaguliers wieder aufgefrischt. Auch unternahm bereits im Jahre 1755 Garrin zu Lyon den Bau einer Bogenbrücke mit 3 Oeffnungen von je 25^m Weite; die Brücke wurde aber nicht fertig und später — angeblich aus Sparsamkeits-Rücksichten — in Holz ausgeführt, so dass danach die Geburtsstätte der ersten eisernen Brücke auf englischem Boden liegt.

Auch im weitem Verlaufe der Entwicklung zeichnete sich England vor allen andern Nationen durch die Errichtung hervorragender Brücken-Bauwerke aus, die in ihrer Art einzig dastehen und, durch bewunderungswürdige Erfindungsgabe und Thatkraft geschaffen, für den Kontinent bald den Anstoß zu zahllosen Nachahmungen und Verbesserungen gaben.

Anfänglich verwendete man für die Konstruktion ausschließlich das Gusseisen, weil die kunstgerechte Verarbeitung des Schweifseisens zu Brücken-Konstruktionstheilen, obgleich der Puddel-Prozess und das Walzverfahren schon seit 1783 durch Cort und Parnell eingeführt waren, längere Zeit mit erheblichen Schwierigkeiten zu kämpfen hatte und erst nach und nach zu entsprechender Vollendung gelangte. Bruyère erbaute zwar schon im Jahre 1808 für einen Fußsteg über den Crou bei St. Denis eine schmiedeiserne Bogenbrücke von 12^m Spannweite, die in ihrer Konstruktion eine Nachbildung der Brücke von Coalbrookdale war, aber dies Vorgehen fand keine Nachahmung. Man verwendete das Schweifseisen seiner großen Zugfestigkeit wegen, zuerst hauptsächlich zu Hängebrücken und erst viel später, im Jahre 1820, nachdem man gelernt hatte, große und starke Bleche auszuwalzen, gab die Einführung der Blechträger, die anfangs nur zu Hochbau- und Schiffbau-Zwecken⁵ dienten, und erst in den vierziger Jahren durch die Bestrebungen von Brunel und Fairbairn in Form von Kastenträgern für Straßen- und Eisenbahn-Brücken in Aufnahme kamen, Veranlassung zur allgemeineren Einführung von schmiedeisernen Konstruktionen und dadurch gleichzeitig das Signal zum beginnenden Kampfe zwischen Gusseisen und Schweifseisen.

Der erste Epoche machende Sieg des Schweifseisens über das Gusseisen ist bei Gelegenheit der Vorstudien zu den Projekten der Ueberbrückungen der Menai-Meerenge und der Conway-Bucht in der Eisenbahnlinie Chester-Holyhead zu verzeichnen, insofern, als damals durch die von Hodgkinson und Fairbairn angestellten ausgedehnten Versuche die Unzuläng-

⁵ Die ersten Blechträger führte 1820 Aron Manby auf dem Eisenwerke, Tipton bei Birmingham aus; sie dienten zur Unterstützung eines Schiffs-Deckes.

lichkeit des Gusseisens als Konstruktions-Material in so überzeugender Weise dargethan wurde⁶, dass Stephenson sein erstes Projekt einer gusseisernen Bogenbrücke, das er im Jahre 1844 dem Parlamente vorgelegt hatte, fallen liefs und — nachdem auch ein zweites Projekt einer versteiften Hängebrücke aufgegeben worden war — sich zur Ausführung einer schmiedeisernen Röhrenbrücke entschloss. Wenn auch das Stephenson'sche System der Britannia- und Conway-Brücke nur noch ein Mal — bei der Victoria-Brücke über den St. Lorenzo-Strom bei Montreal in Canada — in Anwendung gekommen ist, so bleibt doch die Errichtung dieses Bauwerks für immer ein glänzendes Denkmal, ein weithin sichtbarer Markstein in der Geschichte des Brückenbaues, weil durch dieselbe zum ersten Male die Möglichkeit der Ueberbrückung großer Ströme durch schmiedeeiserne Balken-Brücken erwiesen wurde und außerdem aus den Resultaten der Hodgkinson'schen Versuche sich die wissenschaftliche Behandlung bei Bestimmung des Querschnitts eiserner Brücken anbahnte.

Von der Erbauung der Britannia-Brücke ab datirt der Aufschwung im Bau schmiedeeiserner Brücken; das Gusseisen kam allmählich mehr und mehr in Misskredit, namentlich als man, in Hinblick auf die große Material-Verschwendung bei Ausführung vollwandiger Blechbrücken, um Material zu ersparen, auf die Idee kam, Gitterbrücken zu bauen und viele derselben, bei deren Herstellung Gusseisen und Schweifseisen zu einer tragenden Konstruktion vereinigt worden war, einstürzten. Man musste sich sagen, dass daran entweder die durch ungleiche Ausdehnung des Schweifseisens und Gusseisens bei Erwärmung oder Beanspruchung entstehenden Spannungen oder die Neigung des Gusseisens, bei Stößen und Erschütterungen, namentlich in großer Kälte, zu brechen, Schuld sei. Aber erst zahlreiche traurige Erfahrungen dieser Art — wir erinnern nur an den Einsturz der Brücke über den Dee bei Chester (1847), einer Erie-Bahn-Br. (1850), der Joiner-Street-Br. in London (1850), der Pruth-Br. bei Czernowitz (1868), der Ashtabula-Br. (1876) und endlich an die Allen noch frisch in der Erinnerung stehende Katastrophe der Tay-Brücke vom Dezember 1879 — waren erforderlich, um endlich auch diejenigen Länder, die das Gusseisen als Kon-

⁶ *The Britannia and Conway tubular Bridges, by Edwin Clark, resident engineer. Published with the sanction and under the superrevision of Robert Stephenson. 1850. — W. Fairbairn, An account of the construction of the Britannia and Conway tubular Bridges etc. 1849.*

struktions-Material nicht fahren lassen wollten, zu jener Erkenntniss zu führen.⁷

Einen weiteren Markstein in der Geschichte des Baues eiserner Brücken bildet daher die Einführung der Gitterbrücken. Sie waren anfangs reine Nachbildungen des Town'schen Holzbrücken-Systems in Eisen, verbreiteten sich aber bald in Form von Balken- oder Bogenbrücken in den mannichfachsten eigenartigen Konstruktionen über alle zivilisirten Länder der Erde. Das auf so vielen Gebieten bahnbrechende England, das im Jahre 1845 auch die erste grössere Gitterbrücke — die Eisenbahnbrücke über den Royal-Kanal bei Dublin von 43^m Spannweite — auf seinem Boden entstehen sah, hat im weiteren Verlauf der Entwicklung dieser Konstruktion die Führung an Deutschland und Amerika abgeben müssen.

Deutschland hat sich durch die Bestrebungen von Henz, Culmann, Schwedler, Winkler u. A. in erster Linie um die Einführung und Verbreitung und um die systematische, praktische und theoretische Durchbildung der Gitterbrücken-Systeme einen Namen gemacht und ist darin von keinem andern Lande überflügelt worden.

Amerika⁸, das erst in den fünfziger Jahren dazu schritt, seine älteren Holz-Konstruktionen allmählich durch eiserne zu ersetzen, befand sich damals in der günstigsten Position, weil es sich die Errungenschaften Englands und des Kontinents zu nutze machen konnte. Die amerikanischen Ingenieure nahmen in richtiger Erkenntniss dieses bevorzugten Standpunktes bei Ausbildung ihrer Brücken-Systeme sich nicht die deutschen Muster zum Vorbilde, sondern behielten im allgemeinen die bewährten Systeme ihrer Holz-Konstruktionen bei, die sie in Eisen nachbildeten. Weil es ihnen aber nach dem Grundsatz des Landes: „*time is money*“ vor allem darauf ankam, rasch zu bauen, so wählten sie anstatt der deutschen genieteten Knotenpunkte die Gelenk-Knotenpunkte, welche ihnen, aufser andern Vorthellen, vornehmlich die Möglichkeit rascher Montage, selbst mit Hilfe ungeübter Arbeiter, boten. In solcher Weise entstand das amerikanische System eiserner Brücken.

⁷ Es bleibt noch fest zu stellen, ob nicht bei dem jüngst (am 8. Dezember v. J.) erfolgten Einsturz der von der *Baltimore Bridge Company* erbauten Missouri-Brücke bei St. Charles das Gusseisen auch eine Rolle gespielt hat.

⁸ Gleim, Der amerikanische Brückenbau der Neuzeit. Zeitschr. d. Hannov. Arch.- u. Ing.-V. 1876.

Steiner, Ueber Brückenbauten in den Vereinigten Staaten von Nord-Amerika. Bericht über die Weltausstellung in Philadelphia. 1878.

Mit Staunen haben wir seitdem gesehen, wie in unglaublich kurzer Zeit, hervor gerufen durch das rapide Wachsthum der Verkehrsmittel in den sechsziger Jahren nach Beendigung des Bürgerkrieges, sich der amerikanische Brückenbau aus den ersten Anfängen heraus zu vollster Blüthe entfaltet hat. Wie durch Zauberschlag sind in allen Theilen der Union die mächtigsten Werke der Brücken-Baukunst erstanden; mit Stolz dürfen unsere Kollegen jenseits des Ozeans die größten Spannweiten der Welt fast in allen Systemen, nicht allein in Eisen, sondern auch in Holz und Stein⁹ die ihren nennen und mit Recht darf man daher, wenn man die höchsten Errungenschaften auf dem Felde des Brückenbaues bezeichnen will, auf Amerika hinweisen.

Doch, wo viel Licht ist, da ist auch viel Schatten: Die Sucht der Amerikaner, schnell und großartig zu bauen, liefs es nicht vermeiden, dass sich Elemente zur Ausführung heran drängten, die wegen gänzlichen Mangels einer staatlichen Kontrolle, darauf ausgingen, sich auf Kosten der Solidität der Bau-Ausführung zu bereichern. Woher anders rühren die zahllosen Brücken-Einstürze, die in Amerika, wie in keinem anderen Lande, lange Zeit förmlich auf der Tagesordnung standen?

Die Amerikaner sind sich dieser offenbaren Schäden voll bewusst; z. B. misst der Ingenieur Clarke — in einem Vortrage vor der *Institution of mining engineers* im Jahre 1876 — die

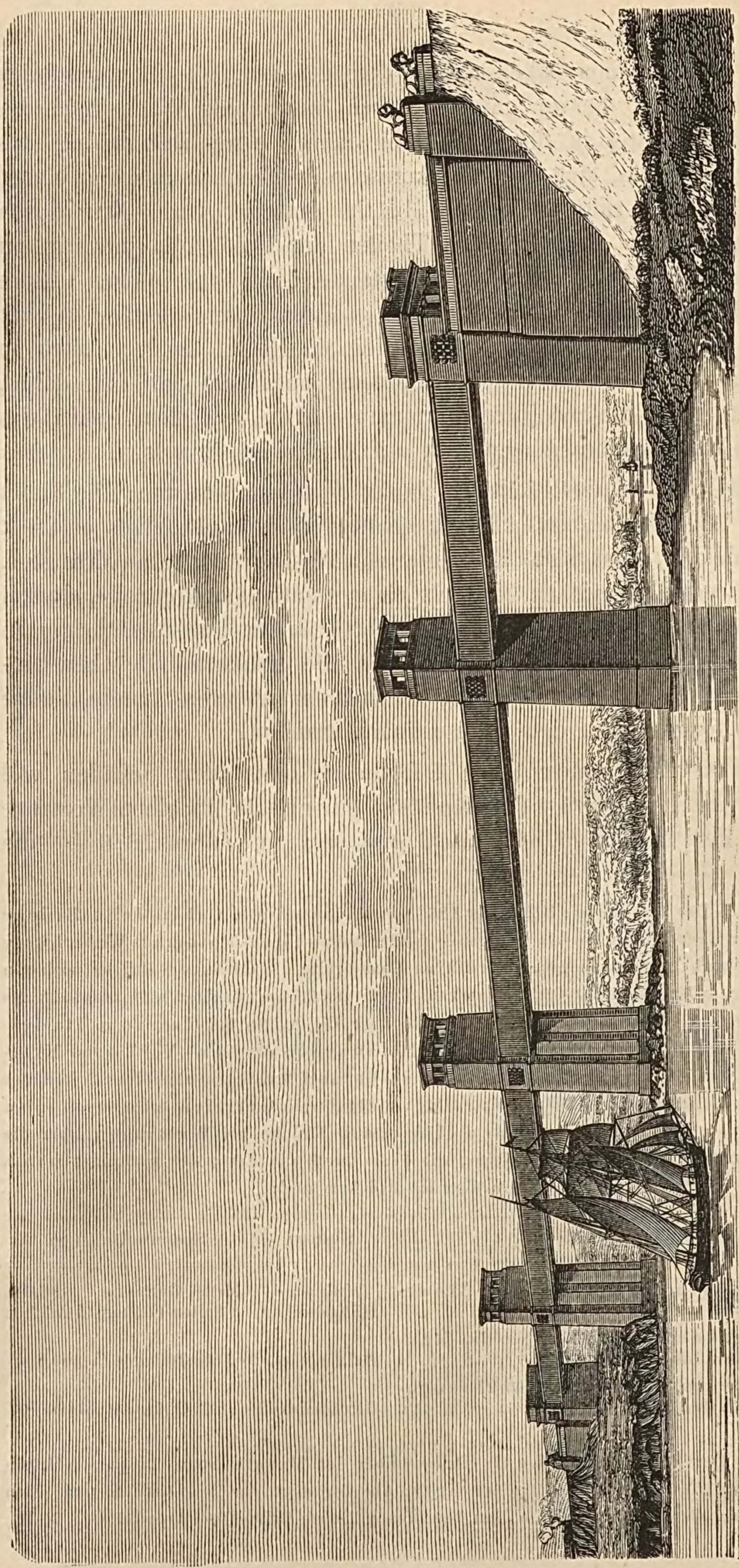
⁹ Der steinerne Bogen der 1866 von Rives erbauten Cabin-John-Brücke — der Bogen der Union genannt — in der New-York-Potomac-Wasserleitung bei Washington belegen, übertrifft an Spannweite die Chester-Brücke noch um 8,58 m. Der Bogen ist 69,54 m weit und nur um 2,71 m weniger weit gespannt, als die im XV. Jahrhundert zerstörte Brücke über die Adda bei Trezzo in Italien.

Die hölzerne Brücke über den Delaware in der New-York- und Erie-Bahn hat 79,25 m Spannweite. In Deutschland existirten allerdings 2 hölzerne Brücken mit größerer Spannweite: Die von Gross in Galizien erbaute mit 101 m und die von Joh. Grubenmann 1778 erbaute Brücke bei Wettingen über die Limmat mit 118,9 m Spannweite, die 1799 durch die Franzosen verbrannt wurde.

Die größten Spannweiten eiserner Brücken sind:

Name	System	Spannweite in m
East-River-Brücke zwischen Brooklyn und New-York	Drahtseil-Hängebrücke	Mittel-Oeffnung 486,6 m 2 Seiten-Oeffngn. à 283,3 m
Poughkeepsie-Brücke über den Hudson bei New-York	Balkenträger	5 Oeffnungen à 160,0 m
Brücke der New-York-Longbranch-Railroad	Drehbrücke	1 Oeffnung 144 m

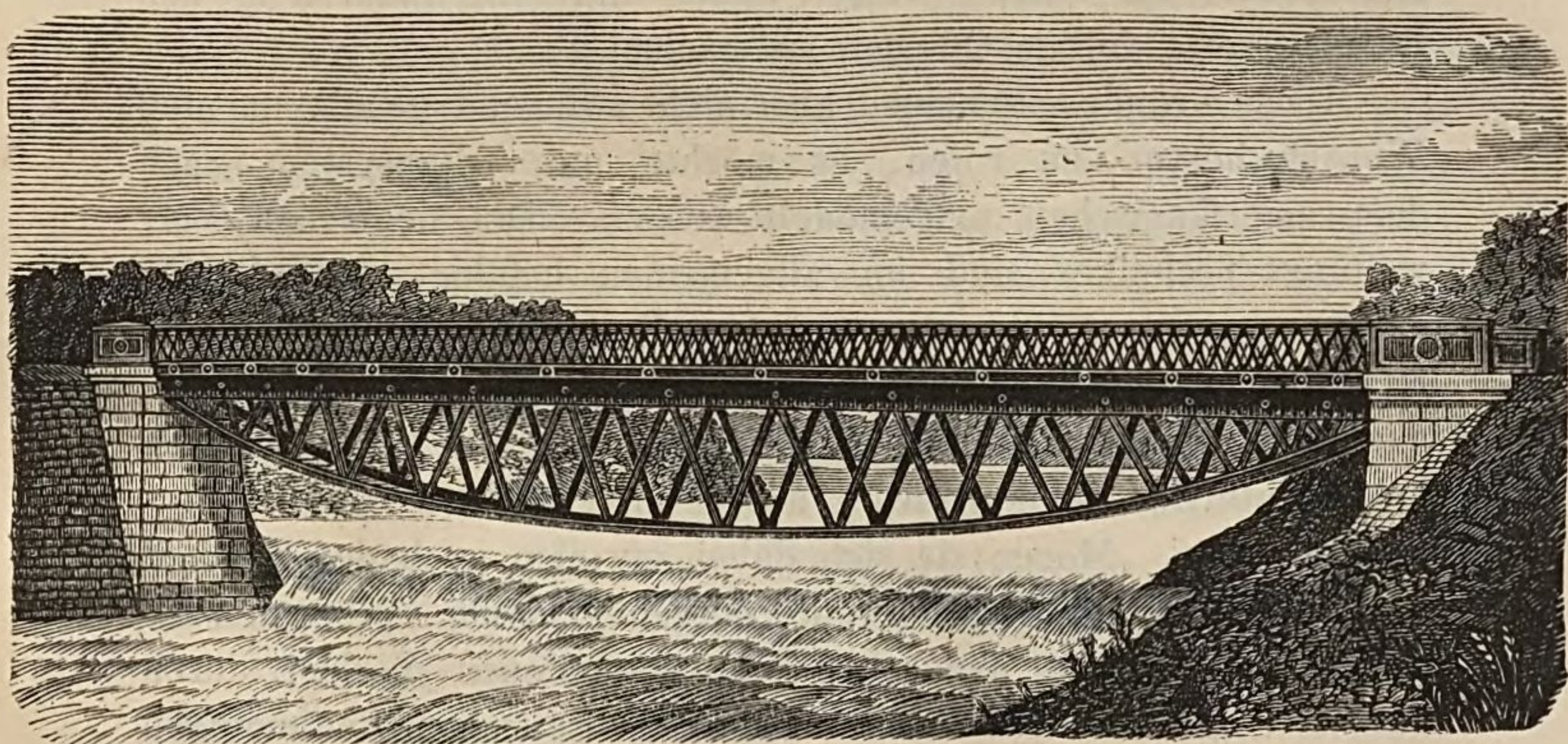
Der Bogen der St. Louis-Brücke über den Mississippi hat in der Mittelöffnung 157 m Weite, also 3 m weniger, als derjenige der bestehenden und 13 m weniger, als derjenige der im Bau begriffenen Douro-Brücke bei Oporto.



Britannia - Brücke.

Hauptschuld dem amerikanischen Bau-System bei, das von unreellen Etablissements in schlimmster Weise ausgenutzt worden sei, so dass man sich, besonders bei Straßenbrücken im Innern des Landes, schon daran gewöhnt hätte, wenn dieselben nicht länger hielten, als bis sie bezahlt seien.

Vorschläge zur möglichsten Verhütung solcher Vorkommnisse hatte bereits im Jahre 1873 die Gesellschaft der Zivil-Ingenieure gemacht, aber die Herausgabe des ersten Brücken-Gesetzes im Staate Ohio, das Bestimmungen über zulässige Belastungen und Inanspruchnahmen u. s. w. enthält¹⁰, geschah erst nach der traurigen Katastrophe des Einsturzes der Ashtabula-Brücke, welcher am 29. Dezember 1876 hundert Menschenleben zum Opfer fielen. —



Götha-Elf-Brücke. (Erbaut 1866.)

Das bisherige amerikanische Bausystem, welches auf dem Prinzip der freien Konkurrenz basirt, war erwiesenermaassen für die ökonomische Durchbildung und rasche Ausführung der Konstruktion vortheilhaft. Die Bauverwaltung giebt dort bei Brücken-Bauten nur ein allgemeines Programm aus, welches Vorschriften über Spannweite und sonstige generelle Abmessungen, ausserdem aber auch über die anzunehmende Belastung und Inanspruchnahme enthält; die Art der Ausführung, die Wahl des Systems und alle übrigen Details bleiben dem Ermessen des Unternehmers anheim gestellt, der nach Beendigung des Baues nur die Tragfähigkeit desselben auf Grund der Submissions-Bedingungen nachzuweisen hat. Die Ansichten über die Vorzüge

¹⁰ Dies Gesetz findet sich in Uebersetzung in Steiner a. o. O. S. 242.

und Nachteile dieser Baumethode gegenüber der deutschen sind getheilt. Zu gunsten der amerikanischen Methode werden meistens folgende Gründe angeführt:

1) die Projektirung liegt einer verhältnissmäßig kleinen Anzahl von Ingenieuren ob, welche dies Fach als ihre ausschließliche Spezialität betreiben und sich daher auch mit allen bei der Fabrikation und Montage in Frage kommenden Details eingehend befassen; 2) eine Konkurrenz, an der sich solche Spezialisten betheiligen, liefert als Resultat in der Regel ein zweckentsprechenderes Projekt, als dasjenige sein kann, welches einseitig vom Verwaltungs-Ingenieur aufgestellt ist; 3) der Unternehmer kann bei Bearbeitung des Projekts die ihm am leichtesten zugänglichen und billigsten Eisensorten auswählen, nöthigenfalls seinen Eisenbedarf auf Vorrath walzen lassen und wird dadurch in den Stand gesetzt, billige Offerten zu machen.

Diese Gründe erscheinen aber nicht zwingend genug, um den Wunsch hervor zu rufen, es möchte unser Bausystem nach dem amerikanischen umgemodelt werden. Die deutschen Verwaltungs-Techniker sind im allgemeinen befähigt, selbst den größten und schwierigsten Brücken-Projekten eine gründliche Bearbeitung angedeihen zu lassen; ein Beweis dafür sind unter anderm die vielfachen Fälle der Neuzeit, wo diese Techniker sich bei öffentlichen Konkurrenzen mit ihren Projekten Geltung verschafft haben. Mögen sie sich dabei zuweilen auch den Vortheil der Anwendung gangbarer Profile entgehen lassen, so werden sie doch meistens den dadurch etwa entstandenen Verlust durch zweckmäßige Auswahl von sich den theoretischen Bedingungen am besten anpassenden Profilen reichlich wieder ausgleichen. Bei uns spielt auch das Gewicht der Konstruktion eine größere Rolle bei der Veranschlagung der Kosten, als in Amerika, wo in Folge des andern Verhältnisses zwischen den Kosten des Rohprodukts und der fertigen Arbeit vielfach die Art und Weise der Herstellung der Konstruktion bei der Wahl derselben in den Vordergrund tritt. Da schliesslich unter allen Umständen aber Konstrukteur und Fabrikant verschiedene Interessen vertreten müssen, so bietet die deutsche Methode der Arbeitstheilung, wenn sie auch keine schablonenartige Muster-Systeme erzeugt, doch eine bessere Garantie für eine zweckmäßige und solide Ausführung als die amerikanische, bei welcher letzterer der Gewinnsucht der Unternehmer zu viel Spielraum gelassen wird. —

Die brennende Frage des zweckmäßigsten Bausystems hat uns in die Gegenwart geführt. Wenn wir in den Ländern, welche

heute die Führung im Brückenbau übernommen haben — das sind in erster Linie Deutschland und Amerika, ferner England, Holland und Frankreich — Umschau halten, so sehen wir den Kampf zwischen Gusseisen und Schweisseisen beendet: Das Gusseisen wird heute ziemlich allgemein als Material für Haupt-Konstruktions-Theile, durch deren Bruch die Sicherheit der Gesamt-Konstruktion gefährdet werden kann, verworfen. Wir sehen aber auch, dass dem Schweisseisen inzwischen in dem Flusseisen ein gefährlicher Feind erwachsen ist; schon streiten sich beide im Eisenhütten-Wesen um die Alleinherrschaft und das dort beginnende Zeitalter des Stahls fängt an, seine Rechte naturgemäß auch im Brückenbau geltend zu machen.

Seit der erstmaligen Anwendung des Stahls für Brücken-Konstruktions-Theile, die aus dem Jahre 1827 datirt, wo Mitis den Karls-Steg über den Donau-Kanal in Wien an Tragketten aus Schweiß-Stahl aufhängte, ist eine geraume Zeit verstrichen, ehe die Versuche, die hervor ragenden Eigenschaften des Stahls für Konstruktions-Zwecke auszunutzen wiederholt wurden. Dies geschah so weit bekannt ist, erst im Jahre 1866 durch die Erbauung der Götha-Elf-Brücke auf der Zweigbahn von Stockholm nach Uddawella bei Trollhätta, einer Balken-Brücke von 42^m Spannweite, die ganz aus Schweiß-Stahl nach dem Projekte des Ing. Major Adelsköld durch die Bergsund'sche Maschinen-Fabrik in Stockholm hergestellt wurde.

Dies war die erste ganz aus Stahl erbaute Brücke. Ihr folgten verschiedene auf den Niederländischen Staatsbahnen in den Jahren 1866 bis 1878 errichtete, ganz aus Flusstahl konstruirte Drehbrücken, sowie die Versuche der Verwaltung dieser Bahnen für die Querkonstruktionen (Längs- und Querträger, Windstreben) der grossen Strom-Brücken bei Kuilenburg, Bommel, Crêvecoeur, Moerdyk, Dordrecht, Rotterdam, Amsterdam, Arnheim und Nymwegen Flusstahl zu verwenden, Versuche, deren Resultate schon im vorher gehenden Artikel erörtert worden sind.

Auch Oesterreich hat ausser dem Karls-Steg noch einige Stahl-Konstruktionen aufzuweisen: die Mur-Brücke der Oesterreichischen Südbahn zeigt Zugstreben aus Bessemer-Flusstahl; aus demselben Material sind 1869 die Ketten der nach dem System Ordish als Hängebrücke konstruirte Kaiser Franz Joseph-Brücke in Prag gebildet; ferner besitzt Oesterreich seit 1874 eine ganz aus Bessemer-Flusstahl hergestellte Brücke, die Strassen-Ueberführung auf Bahnhof Pest,

welche von dem durch die Erbauung der Aarau'er Kettenbrücke (1844/50) bekannten Ingenieur H. Schmidt errichtet wurde¹¹ und endlich seit 1881 auch mehre Flusseisen-Brücken auf der Zweigbahn Ebersdorf-Würbenthal.

Die vorgeführten Beispiele stählerner Brücken, zu denen, wegen ihrer Gusstahl-Bogen auch noch die St. Louis-Brücke über den Mississippi hinzu zu rechnen ist, erweisen zur Genüge das Bestreben der Nationen, dem Stahl als Konstruktions-Material mehr Eingang zu verschaffen und so oft wir in der Neuzeit von Projekten für die Ausführung größerer stählerner Brücken hören und lesen, werden wir uns des Gedankens nicht erwehren können, dass wir, wenn nicht alle Anzeichen trügen, in dem Flusseisen bzw. Flusstahl das Zukunfts-Material für den Bau eiserner Brücken zu suchen haben. —

I. Die Arbeiten in der Hütte.¹²

Den wichtigsten Theil der Arbeiten in der Hütte bildet die Herstellung des Walzeisens, welches in Form von Blechen, Stabeisen und Façoneisen für die meisten Konstruktions-Elemente der eisernen Brücken Verwendung findet; es wird daher nicht ohne Interesse sein, auf die geschichtliche Entwicklung der Walzeisen-Formen einen kurzen Blick zu werfen.

Die erstmalige Anwendung der Walzen für die Eisenbearbeitung¹³ datirt aus dem Anfange des vorigen Jahrhunderts, wo man sich derselben zuerst in Lothringen zum Strecken, Breiten und Glätten bereits vorgeschmiedeter dünner Flacheisen-Stäbe und später auch zum Auswalzen schmaler Bleche bediente. Das Zängen der Luppen und die Anfertigung des stärkeren Stabeisens erfolgte damals noch ausschliesslich unter dem Hammer

¹¹ Eine ganz aus Bessemer Flusstahl hergestellte Fachwerks-Brücke von 20 m Spannsw. war von den Witkowitz'er Eisen-Werken auf der Wiener Welt-Ausstellung 1873 zur Schau gestellt.

¹² Litteratur: Die Lehrbücher von Karsten, Flachat, Valerius über Eisenhüttenkunde. Maurer, Die Formen der Walzkunst. 1865. Tunner, Ueber die Walzenkalibrirung für die Eisenfabrikation, 1867. Keck, Ueber das zu Brückenkonstruktionen zu verwendende Schmiedeeisen, Blech und Façoneisen. Zeitschr. des Hannov. Arch.- und Ing.-Vereins, 1867, S. 371. Die Kalibrirung der Eisenwalzen, drei gekrönte Preisschriften von Daelen, Hollenberg und Diekmann, 1869. Wedding, Grundriss der Eisenhüttenkunde, 1871. Wencelides, Hilfsmaschinen und Werkzeuge für Metallbearbeitung; Bericht über die Weltausstellung in Philadelphia, 1876.

¹³ Das erste Walzen-Streckwerk zur Anfertigung von Münzen erfand der Franzose Brulier im Jahre 1553.

und erst zur Zeit der Einführung des Puddel-Prozesses in England, in den Jahren 1785—87, als sich ergab, dass die Arbeit des Zängens bei der Masse der von den Puddelöfen gelieferten Luppen unter Hämmern nicht mehr rasch genug bewältigt werden konnte, kamen für diese Operation zum ersten Male die durch Cort und Parnel hierfür erfundenen Kaliber-Walzen in Anwendung.

Die Details des Puddel-Prozesses und der damit zusammenhängenden Stabeisen-Fabrikation in Kaliber-Walzen wurden englischer Seits in den Schleier des strengsten Geheimnisses gehüllt. Kein Unberufener durfte denselben ungestraft zu lüften wagen, weil das freie England damals auf die Ausfuhr seiner Fabrik-Geheimnisse und Arbeiter Todesstrafe gesetzt hatte und so kam es, dass die Verpflanzung des Prozesses nach dem Kontinente, über Frankreich und Belgien nach Deutschland erst lange Zeit nach Erfindung desselben erfolgte.

Das erste Puddelwerk des Kontinents entstand 1818 zu Creuzot in Frankreich, ihm folgte 1823 die Anlage der ersten Puddelöfen auf einem kleinen Werke zu Couillet in der belgischen Provinz Charleroi und 1824 der erste deutsche Puddelofen, welcher zu Rasselstein an Stelle der dort schon bestehenden Frischhämmer- und Blech-Walzwerke erbaut wurde.

In Rasselstein machte man bereits ein Jahr nach Gründung des neuen Werkes mit der Stabeisen-Fabrikation den Anfang. Im Jahre 1831 walzte man daselbst das erste deutsche Winkel-Eisen und im Jahre 1835 die erste deutsche Eisenbahnschiene (für die Linie Nürnberg-Fürth). Damit begann die Entwicklungs-Periode der deutschen Eisenhütten-Industrie, jene schwere Zeit, wo die deutsche Technik am Gängelbände des Auslandes sich in den Kinderschuhen bewegte.

Die allmählich heran wachsenden rheinländischen und westfälischen Werke vermochten unter der erdrückenden Konkurrenz Englands und der Nachbarländer Belgien und Frankreich anfangs schwer aufzukommen; namentlich der wichtigste Produktions-Zweig des Eisenhüttenwesens, die Schienen-Fabrikation, lag fast ganz in den Händen der ausländischen Konkurrenten.

Erst gegen die Mitte der vierziger Jahre, als bereits fast 90 Millionen Mark deutschen Geldes für Schienen über die Grenze gewandert waren, zur Zeit als der britische Schatzkanzler im Unterhause die bedeutsamen Worte aussprechen durfte: „Unser Handel nach Deutschland entspricht zwei Arbeitstagen unserer Wochenindustrie“, trat durch die Erhöhung des Eingangszolls auf ausländisches Eisens eine Wendung zum Bessern ein.

Dem kolossalen Geldabflusse ins Ausland wurde dadurch ein Damm entgegen gesetzt; die heimische Eisen-Industrie erstarkte mehr und mehr und fühlte sich bald auf vielen Gebieten, so auch in der Schienen-Fabrikation, der ausländischen Konkurrenz gewachsen.

Die Schienen-Fabrikation war aller Wahrscheinlichkeit nach die Vorläuferin der Façoneisen-Fabrikation.¹⁴ Genauere Daten darüber, welche Profile zuerst gewalzt wurden, fehlen, es steht nur im allgemeinen fest, dass die älteren Profile, **L** Eisen und **T** Eisen, sowie auch das neuere **Z** Eisen aus England stammen, während die neueren Profile: **I** Eisen, **U** Eisen und Belageisen (Zorès-Eisen) französischen und das Segment-Eisen (Quadrant-, Quintant-, Sextanteisen etc.)¹⁵ amerikanischen Ursprungs sind. Nach den spezielleren Angaben Mäurer's haben in Deutschland das Rasselsteiner und Warsteiner Werk bezw. in den Jahren 1831 und 1839 die ersten **L** und **T** Eisen, die Gesellschaft Phönix im Jahre 1857 das **I** Eisen und im Jahre 1862 die Burbacher Hütte das **Z** Eisen zuerst eingeführt.¹⁶

Die Einführung der für die Technik so hochwichtigen **I** Form verdanken wir den Bestrebungen des Ingen. Ferd. Zorès¹⁷ in Paris, welcher in den vierziger Jahren gemeinschaftlich mit dem Bauunternehmer M. Chibon daselbst Studien über die zweckmässigste Trägerform machte, wobei der letztere auf die Idee kam, das **T** Eisen noch durch eine Rippe zu verstärken. Aber erst im Februar 1849 gelang es den Bemühungen von Zorès, dass das von Chibon konstruirte **I** Profil wirklich ausgeführt wurde. Dieses erste **I** Eisen hatte 140 mm Höhe und lag auf 5,4 m frei als Deckenträger in dem Hause No. 18 *Boulevard des Filles-du-Calvaire* in Paris.¹⁸

Von Zorès stammen ferner das gleichzeitig mit dem **I** Eisen entstandene **U** Eisen und das ihm 1852 patentirte Zorès-Eisen

¹⁴ Nach Wood wurde die erste schmiedeiserne Schiene 1805 durch Nixon für eine Kohlenbahn der Walbottle-Grube bei Newcastle upon Tyne gewalzt.

¹⁵ Auf dem Kontinente fand Quadrant-Eisen zuerst Verwendung durch Ruppert beim Bau einer Brücke über den Donau-Kanal bei Wien 1868—1870. Segment-Eisen in Form der älteren Brücken-Schienen hatte Ruppert schon 1858 beim Bau der Gran- und Eipel-Brücke in Ungarn angewendet.

¹⁶ Diese **Z** Eisen sollen auf dem Etablissement der Kölnischen Masch.-Akt.-Gesellschaft in Bayenthal für die Herstellung eiserner Brücken der Ruhr-Sieg-Bahn verwendet worden sein.

¹⁷ Zorès, *Récueil de fers spéciaux etc.* 1853.

¹⁸ Die **+** Form wurde zuerst 1847 von Bleuze für eine Deckenkonstruktion in dem neuen Schlachthause zu Paris verwendet.

(Belag-Eisen), welches in neuester Zeit auch von einigen deutschen Werken gewalzt wird.¹⁹ —

Die Arbeiten zur Herstellung der Walzeisen-Formen, sowie der ebenfalls für Brücken-Konstruktions-Elemente in Anwendung kommenden Guss-, Schmiede- und Press-Stücke kommen im Nachfolgenden nur in so weit in Betracht, als deren Kenntniss dem Konstrukteur bei der Auswahl und Beurtheilung der Qualität des Materials zur Seite stehen muss. —

1. Schweißen und Walzen im allgemeinen.

Den Hauptbestandtheil der zu schweißenden Packete bilden die Rohschienen, ein ausschließlich für die Packet-Bildung erzeugtes Halb-Fabrikat, welches auf Luppen-Walzen in Flacheisen-Form als ein Mal geschweißtes Eisen hergestellt wird. Der Rest des Packets besteht aus mehre Mal (2 oder 3 Mal) geschweißtem Eisen, welches hauptsächlich in Form von Deckplatten (Deckel, Schweiß-Deckel) oder Seitenplatten eingelegt wird, um gut ausgebildete Kanten, besonders aber um saubere, homogene Oberflächen (ohne Schweißnähte), in denen eine Lochung ohne Zerstörung des Materials später möglich ist, zu erzeugen oder um an gewissen Stellen des Querschnitts einer größeren Verschiebung des Materials vorzubeugen. Solche aus besonderen Packeten geschweißte Deckplatten sollten nur zur Anwendung kommen, wo sie unbedingt erforderlich sind, weil sie — wie bereits erörtert worden ist — im allgemeinen die Schweißbarkeit des Packets beeinträchtigen und in Folge der durch sie herbei geführten Behinderung des Schlacken-Ausflusses leicht Anlass zur Bildung innerer Fehler geben können.

Jedes Packet, ebenso auch jeder zu walzende Flusseisen-Block hat im allgemeinen eine rechteckige Form und geht — mit Ausnahme der Packete für Bleche und schwere Flacheisen, welche stets vor dem Walzen erst unter dem Hammer vorge schmiedet werden — vom Schweißofen direkt durch die Walzen, wo es in höchstens 2 Hitzen die Kaliber der Vorwalze und der Fertigwalze passirt, um im Fertig-Kaliber seine endliche Gestalt zu erhalten.

Die hauptsächlichsten Packet-Formen sind in Fig. 1 (a — e) dargestellt; das mehre Male geschweißte Eisen ist darin durch Schraffirung gekennzeichnet.

Es bleibt zu bemerken, dass bei den Packeten für Stab- und Façoneisen die Rohschienen bzw. die Schweißnähte naturgemäfs alle der Länge nach liegen und beim Walzen-Durchgang im

¹⁹ Vergl. Anhang zum Deutschen Normalprofil-Buch.

ersten Kaliber senkrecht stehen sollen, weil bei der intensiven Schweißhitze des Packets die horizontalen Lagen leicht durch die Walze aufgebogen und getrennt werden können. Bei den Packeten für die Blech-Fabrikation, wo die Festigkeit nach allen Richtungen des Blechs eine möglichst gleiche sein soll, liegen dagegen die Rohschienen im Verband, so dass die Schweiß-fugen in zwei sich folgenden Lagen senkrecht zu einander stehen. Die Rohschienen werden auf Packetlänge zugeschnitten, während die Deckplatten bei größeren Stücken auch wohl ein wenig über die Rohschienen-Lagen vorstehen und behufs besserer Einführung in die Walzen an den überstehenden Enden entsprechend beschnitten werden.

Die Packet-Formen, Fig. 1 *c, d, e* für **T**, **I** und Belageisen, nähern sich der Gestalt des Fertig-Profiles. Durch diese Form vermindert man die Schwierigkeiten bei der Kalibrirung der Façoneisen-Walzen, welche aus der richtigen Festsetzung der Abnahme und Form des Packet-Querschnitts bei der allmählichen Ueberführung vom Vorkaliber zum Fertigkaliber erwachsen. Während bei den Stabeisen-Walzen diese Ueberführung von der rechteckigen Packet-Form aus ganz allmählich geschehen kann, muss dieselbe bei den Façoneisen-Walzen schon so viel wie möglich in den ersten Kalibern erfolgen, weil dort die große Abnahme der Druckflächen-Abstände — der Druck — wegen der größeren Dimensionen und Weichheit des passirenden Packets weniger empfunden wird, als in den letzten Kalibern, wo das Eisen schon kälter und härter geworden ist.

Die Form eines Kalibers ist außerdem noch unter Beachtung folgender Punkte fest zu setzen: 1) dürfen keine Unterscheidungen vorhanden sein, damit das Metall sich leicht von den Walzen abschält: 2) ist auf das Schwindverhältniss des Eisens speziell bei der zu walzenden Form Rücksicht zu nehmen; 3) sollen die scharfen Kanten der zwei Kaliber begrenzenden Ringe — die Ränder — abgerundet werden, damit sie nicht schartig werden; 4) ist das Kaliber so anzuordnen, dass der an den Rändern entstehende Grat — die Naht — auf die Kanten und nicht auf die Seiten der Stäbe kommt.

Die Luppen - Walzen sollen, um eine zu starke Abkühlung der nicht mehr sehr warmen, gezängten Luppen zu vermeiden, den Stab möglichst rasch strecken. Dies besorgen die sogen. Streck- oder Spitzbogen-Kaliber (Fig. 2), welche den Stab von allen Seiten gleichmäßig drücken, daher wenig breiten und rasch strecken, außerdem aber auch wegen des nach dem Zentrum gerichteten Druckes ein intensives Schweißen bewirken.

Man lässt den Stab gewöhnlich zwei Mal, ein Mal mit Wendung um 90° , durch das letzte Streck-Kaliber gehen, wodurch er einen nahezu quadratischen Querschnitt erhält und bequem in die rechteckige Form übergeführt werden kann. Das Fertig-Kaliber ist ganz oder nahezu rechteckig, während die übrigen Flach-Kaliber, in denen der Stab, um die Bildung von Nähten zu vermeiden, vor jeder Passage um 180° gedreht wird, Parallel-Trapeze mit abgerundeten Ecken sind (Fig. 2).

Fig. 1.

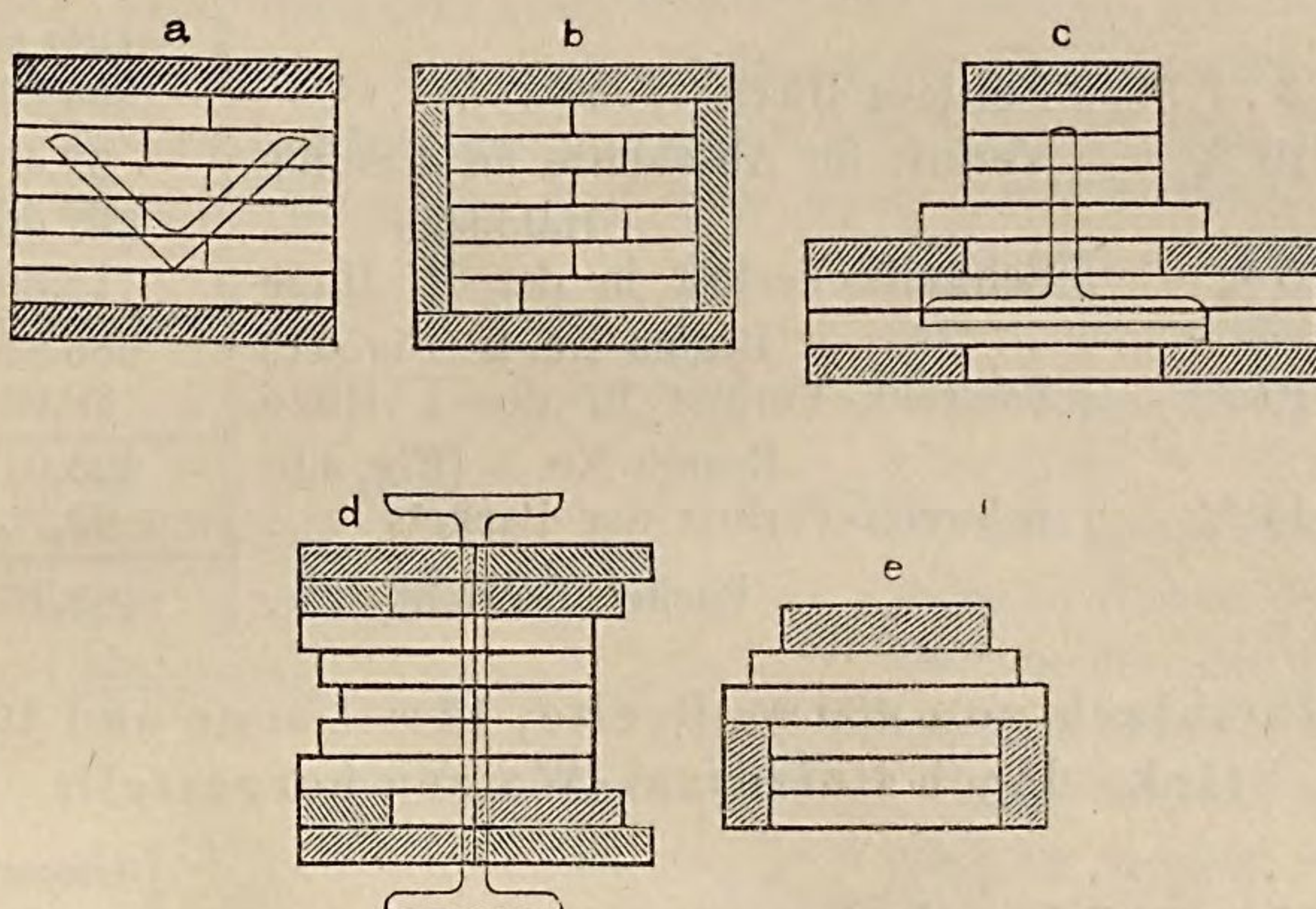
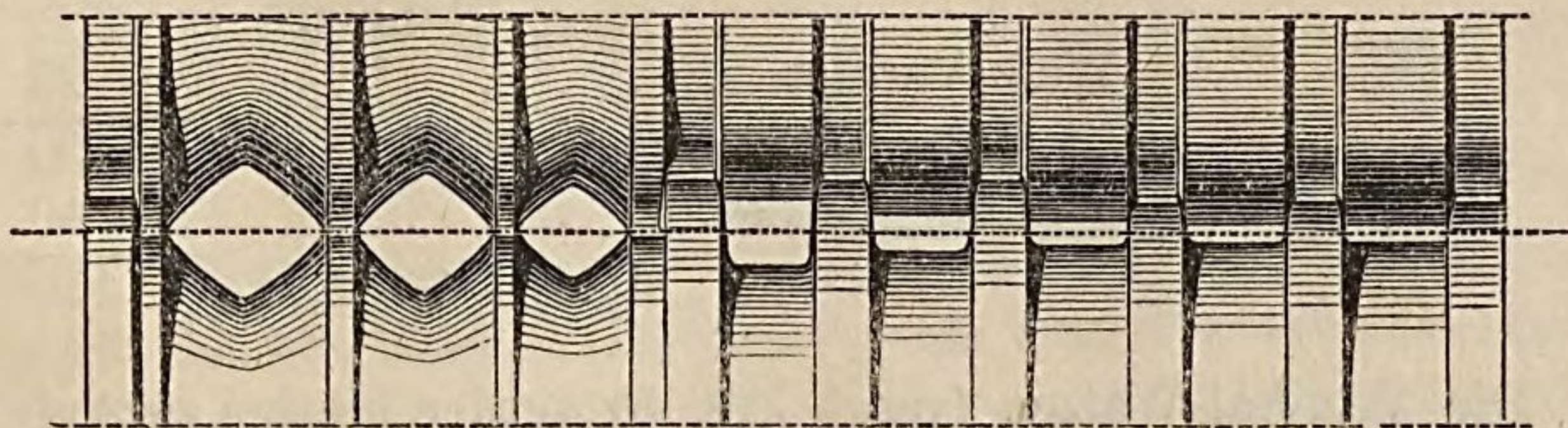


Fig. 2.



2. Blech-Fabrikation.

Das Material der Pakete besteht im allgemeinen zu $\frac{1}{4}$ aus mehre Male geschweißtem Eisen und zu $\frac{3}{4}$ aus Abfällen der laufenden Blech- und Handelseisen-Fabrikation oder aus Rohschienen. Dasselbe muss gehörig fest liegen und wird daher unter Scheiben-Pressen komprimirt und durch Umwicklung mit Draht zusammen gehalten.

Das Packet wird unter einem Hammer — bei einem Stückgewicht von 400—500 kg in einer Hitze, bei schweren Blechen in zwei Hitzen — zu einer Brame ausgeschmiedet und diese, nachdem sie zuvor im Ofen die beim Hämmern verloren gegangene

Weißglühhitze wieder erlangt hat, gewöhnlich zuerst auf die Breite des fertigen Bleches und dann auf die Länge ausgewalzt. Besonders schwere Bleche werden durch Zusammenschweißen und Auswalzen zweier oder mehrer bereits in die Breite gewalzter Bleche hergestellt.

Der Gang der Fabrikation ist aus den beiden folgenden Beispielen noch spezieller zu ersehen.²⁰

a) Schweres Brücken-Blech von 4,3^m Länge, 1^m Breite und 10^{mm} Stärke.

		Gewicht in kg.
4 . 3 . 7,78	Fertiges Blech	334,54
10 %	Verlust für Abschnitte an 4 Seiten	33,45
	Rohblech	367,99
5 %	Schweiß-Verlust in der II. Hitze	18,39
	Brame No. 2 (Fig. 4 c)	386,38
10 %	Schweiß-Verlust in der I. Hitze	38,63
	Brame No. 1 (Fig. 4 b)	425,01
15 %	Schweiß-Verlust des Packets . .	63,75
	Packet-Gewicht	488,76

b) Gurtblech von 400^{mm} Breite, 12^m Länge und 10^{mm} Stärke durch Universal-Walzen hergestellt.

		Gewicht in kg
(0,4 . 12 . 10) 7,78	Fertiges Blech	373
3 %	Enden-Abschnitte	7
	Rohblech	380
5 %	Walz-Verlust	20
	Brame (Fig. 3 b)	400
10 %	Schweiß-Verlust	40
	Packet-Gewicht	440

Die Vertikal-Walzen (vergl. Fig. 5) werden hierbei zu Anfang auf 420^{mm} Weite gestellt und später, wenn durch die Horizontal-Walzen sich die Brame auf 420^{mm} gebreitet hat, allmählich bis auf 400^{mm} gegen einander geschraubt. —

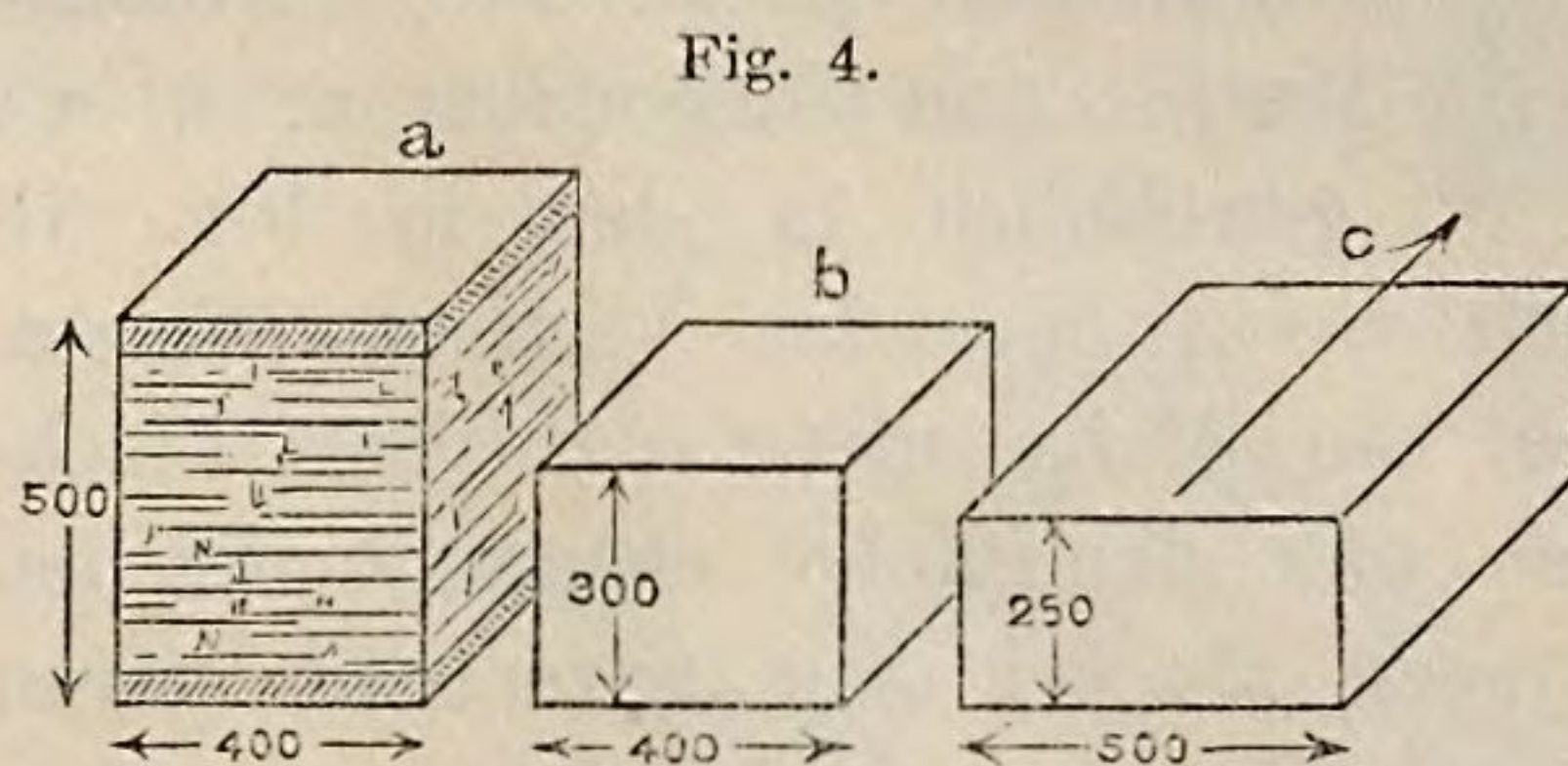
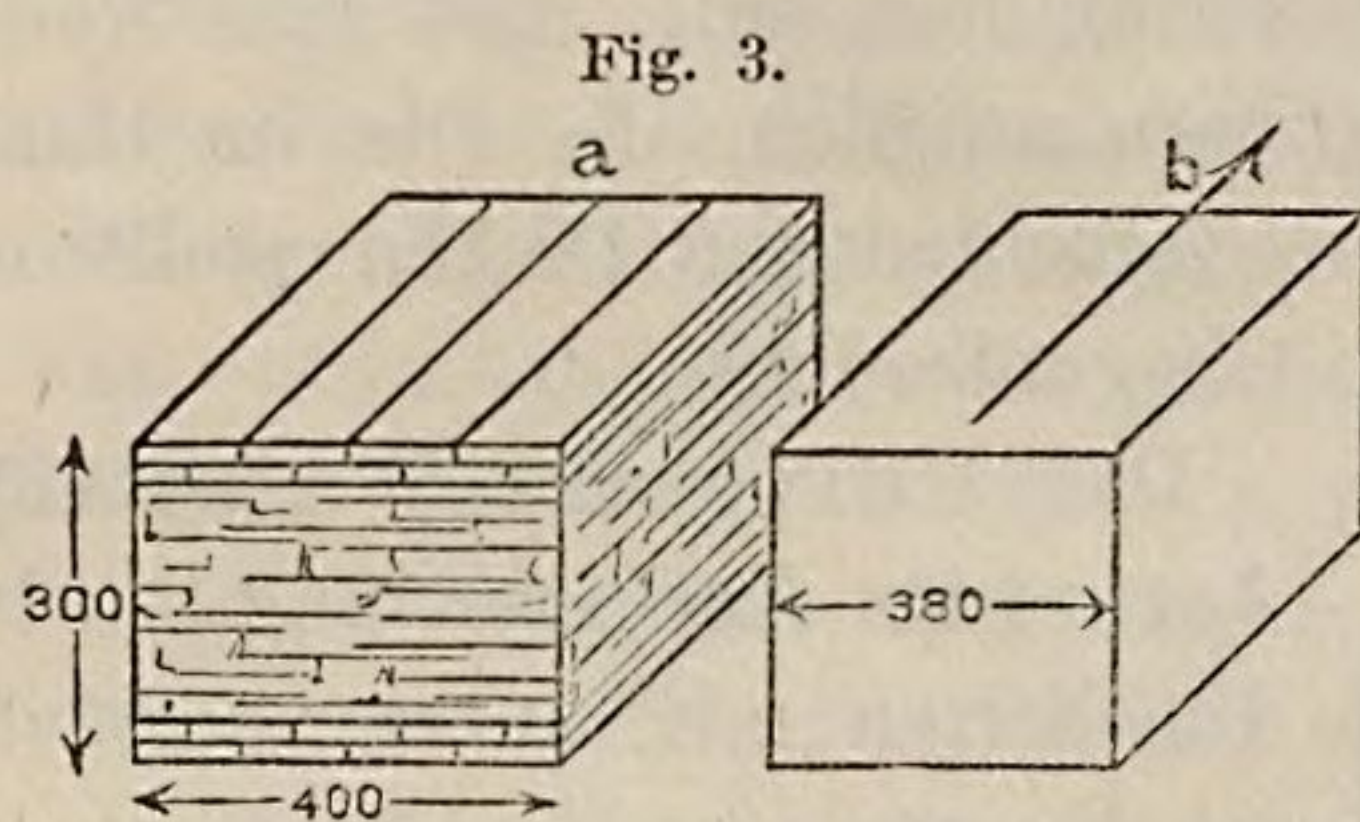
Aus den beiden vorgeführten Fällen ergibt sich, dass in den Universal-Walzen erfahrungsgemäfs die Breitung fast = 0 (man rechnet immer nur einige Millimeter) und die Streckung etwa das 30 fache der Bramen - Länge ist. Bei den einfachen Blech-Walzen herrschen wesentlich andere Verhältnisse; z. B. betrug im Fall a) die Breitung etwa 100 % und die Streckung 400 — 500 %. Von der im Verhältniss zur Streckung also geringen Breitung

²⁰ Nach Petzholdt, Fabrikation, Prüfung u. Uebernahme von Eisenbahn-Material.

rührt die geringe Festigkeit der Bleche quer zur Walzrichtung gegenüber derjenigen in der Walzrichtung her.

Die Rohbleche fallen stets uneben aus und zeigen an allen Kanten unganze Ränder, weil die einzelnen Eisentheile nach der Walz-Operation ungleich gespannt sind, bzw. während des Walzens dem Zusammendrücken verschiedenen Widerstand entgegen gesetzt haben. Die Bleche müssen deshalb, wenn es keine Universal-Bleche sind, durch Richten und Beschneiden adjustirt werden.

Das Richten (Heißrichten) erfolgt noch im warmen Zustande, sofort nach dem Auswalzen auf einer geraden, gusseisernen Platte der Hüttensohle durch Schlagen mit Holzhämmern oder, bei schweren Blechen, durch Hinüberrollen einer eisernen Walze. Nach dem Erkalten wird mit Hülfe einer genau justirten Holz-



latte und eines Stahlstiftes die Größe des Abschnittes genau vorgezeichnet — trazirt — und diese Trazirung dient als Anhalt bei dem Beschneiden der Bleche auf den Scheren. —

Die Fehler, welche sich im fertigen Bleche zeigen, sind meistens Schweißfehler und rühren von mangelhafter Entfernung der Schlacke her. Zeigt z. B. die Brame

nach wieder erlangter Schweißhitze an einzelnen Stellen Blasen, so ist das ein Zeichen dafür, dass das Packet unter dem Hammer daselbst nicht gut geschweißt worden ist. Diese Blasen müssen vor dem Auswalzen aufgestoßen werden, damit die Schlacke einen Ausweg findet. Sind solche Blasen nicht entfernt worden, so findet ein geübter Arbeiter dieselben im fertigen Blech durch Anklopfen leicht heraus. — Dass das Blech keine Schweißnähte, unganzen Stellen u. s. w. zeigen darf, ist selbstverständlich.

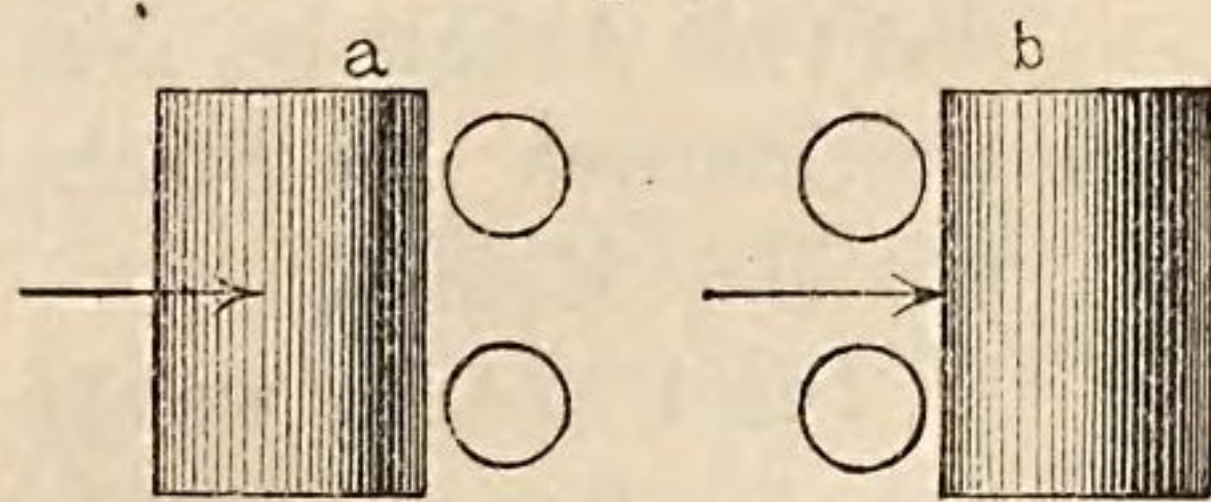
3. Stabeisen-Fabrikation.

Die Stabeisen-Packete, in denen die Rohschienen-Lagen so angeordnet sind, dass nicht Fuge auf Fuge fällt, passiren in der Regel in einer Hitze die Kaliber der Vorwalze und der Fertigwalze. Die Kaliber der Vorwalze haben zum Theil rechteckige und zum Theil

spitzbogenförmige Gestalt. Die rechteckige Form, mit der für das Ablösen des Metalls erforderlichen Verengung nach unten, wird für größere Pakete gewählt, um sie zunächst an den Flachseiten zu schweißen und einigermaßen zu einem Ganzen zu vereinigen, damit die Rohschienen-Lagen unter dem schief gerichteten Drucke der folgenden Spitzbogen-Kaliber — die den Stab rasch strecken und gut dichten sollen — nicht aus einander fahren.²¹

a) Flacheisen. Die Kaliber-Walzen, welche zur Herstellung der gangbarsten Flacheisen-Sorten und auch zur Bildung von Deckplatten und Bramen dienen, zeigen nur 2—3 Vorkaliber und mehrere Fertig-Kaliber, in denen der Stab, um die Ausbildung von Nähten zu vermeiden, vor jeder neuen Passage um 180° gedreht wird. Zuweilen kommt auch eine Drehung um nur 90° vor, wenn nämlich ein sogen. Stauch-Kaliber eingeschaltet ist, welches die Breite des Stabes so weit vermindern soll, dass eine weitere Breitung in den folgenden Kalibern möglich ist. Die im Handel bei jeder Breite vorkommenden verschiedenen Dicken stellt man durch Heben und Senken der Oberwalze her.

Fig. 5.



Das Universal-Walzwerk²² kommt für die Erzeugung breiter Flacheisen mit sauber ausgebildeten Kanten (z. B. für Gurtungs-Bleche und Diagonalen u. s. w.) gewöhnlich in der in Fig. 5b

dargestellten Anordnung mit voran liegenden Vertikal-Walzen zur Anwendung, weil dabei die Stäbe zuletzt mit ihrer Flachseite die Walzen berühren und demzufolge ebene Oberflächen leichter erzielt werden können, als bei dem System mit voran liegenden Horizontal-Walzen (Fig. 5a). Flacheisen von über 400 mm Breite können aber selbst in Universal-Walzen nur schwierig mit ganz sauberen Kanten hergestellt werden.

Das Heiße-Richten der breiten Flacheisen erfolgt meistens auf einer mit einem Rande versehenen Platte, so dass es möglich ist, durch seitlich angebrachte Schrauben das Flacheisen an den Rand zu drücken und in diesem Zustande auf der Platte erkalten zu lassen.

Die im fertigen Flacheisen auftretenden Fehler sind im allgemeinen dieselben wie bei den Blechen. Etwa dicht unter der

²¹ Die Oval-Kaliber, welche noch rascher strecken als Spitzbogen-Kaliber, benutzt man meist nur für die Erzeugung von Feineisen.

²² Erfunden vom Ober-Ingenieur R. Daelen, welcher auf der Hermannshütte bei Hörde im Jahre 1848 das erste Universal-Walzwerk ausführte. Die neuern Konstruktionen von Hutchinson, Wendstrom und Flotat haben die Daelen'sche Konstruktion noch nicht zu verdrängen vermocht. Vergl. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1864, S. 262; 1866, S. 294; 1881, S. 570.

Oberfläche befindliche Blasen sind beim Walzen an ihrer dunklen Färbung zu erkennen. Durch das Einwalzen der harten Oxyd-Schicht, welche beim Walzen von Flacheisen und Blechen in Folge von allmählicher Abkühlung des Packetes entsteht, erhält die Oberfläche ein pockenartiges Aussehen. Diese Schicht muss daher beim Walzen entfernt werden, was durch nasse Besen oder durch Abschrecken der Oberfläche mit einem stark gepressten Wasserstrahl geschieht. —

b) Quadrat- und Rundeisen. Die Walzen für Quadrat- und Rundeisen enthalten in der Regel nur gleichmässig an beide Walzen vertheilte, sog. offene Kaliber,²³ in denen der Stab, nachdem er 2—3 Kaliber der Vorwalze passirt hat, bei mehrmaligem Durchgange und entsprechender Drehung fertig gewalzt wird. Ausserdem werden auch hier durch Heben und Senken der Oberwalze noch manche abweichende Dimensionen hergestellt.

Bei der Kalibrirung muss ganz besonders auf das Schwinden des warmen Metalls Rücksicht genommen werden. Ein anfänglich quadratischer Querschnitt würde z. B. wegen der vorzeitigen Erkaltung der Ecken sich nach Fig. 6a verändern. Man legt deshalb gewöhnlich die Quadrateisen-Kaliber etwas rhombisch an ($\angle \alpha = 91^\circ 54' 10''$) oder man behält die Quadratform bei und erweitert nur die Kanten an der Walzenoberfläche (Fig. 6b).

Fig. 6.

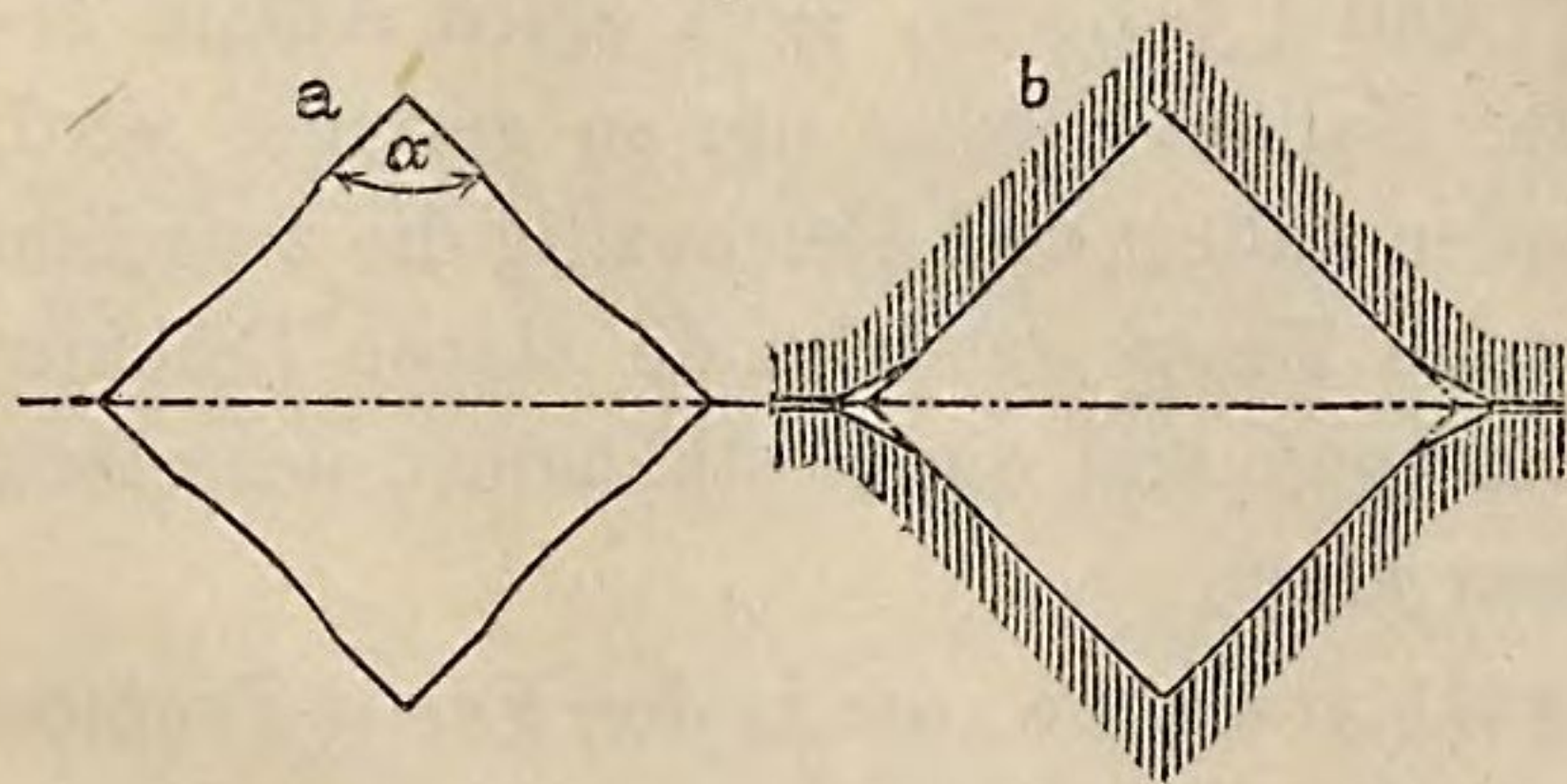
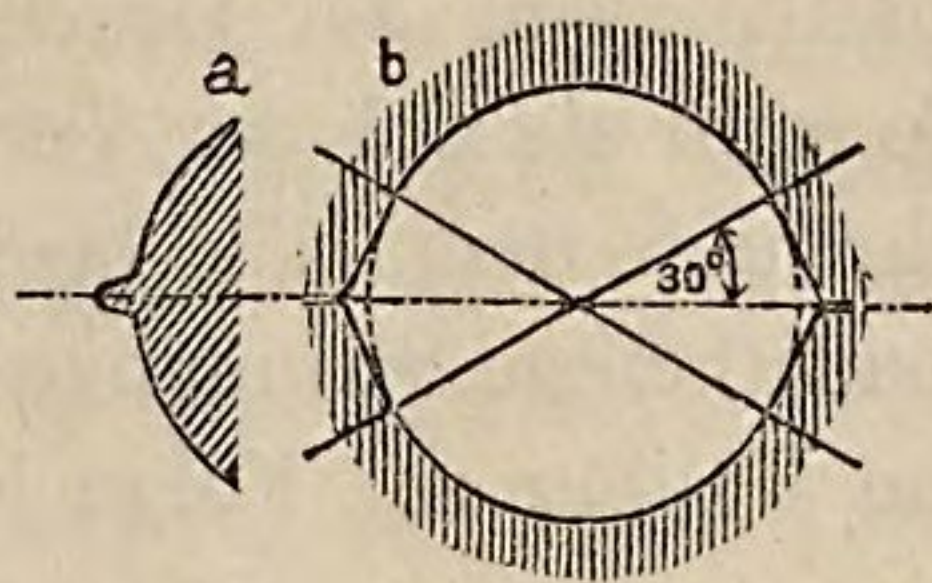


Fig. 7

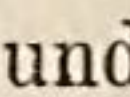


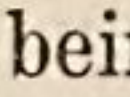
Am schwierigsten ist die Konstruktion der Rundeisen-Kaliber. Nähert sich die Form der Kaliber-Hälfte zu sehr dem Halbkreise, so entstehen beim Walzen an den abgerundeten Kanten der Walzen-Oberfläche Nähte (Fig. 7a), die in dem folgenden Kaliber nur unvollkommen wieder eingewalzt werden, so dass die Naht als lose Faser am Stabe entlang liegt. Dieser Fehler zeigt sich deutlich beim Abdrehen und noch besser beim Reinigen der Stäbe mit verdünnter Salzsäure. Sind die Kaliber-Hälften zu flach, so werden zwar die Nähte vermieden, aber man kann dann darin trotz öfterer Drehung keinen kreisrunden Stab herstellen. Die gebräuchlichste Profilform ist die von 6 Kreisbogen begrenzte Fig. 7b.

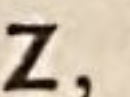
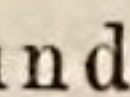
²³ Fig. 2 zeigt links 3 offene, rechts 5 geschlossene Kaliber.

4. Façoneisen-Fabrikation.

Bei der Kalibrirung der Façoneisen-Walzen fängt man — umgekehrt wie bei den Stabeisen-Walzen — vom Fertig-Kaliber an, welches aus dem Querschnitt des zu walzenden Stabes unter Hinzurechnung des Schwindmaasses gefunden wird. Sehr schwierig ist es nun, bei hohen, in die Walzen tief eingreifenden Profilen, die Vorkaliber richtig zu wählen. Es muß nämlich, damit die Differenz zwischen der Umfangs-Geschwindigkeit nicht eine ungleichmäßige Streckung des Profils erzeuge, in jedem Punkte desselben die durch grössere Umfangs-Geschwindigkeit hervor gerufene stärkere Streckung durch geringern Druck wieder ausgeglichen werden; sonst würden in dem fertigen Stabe die Festigkeit desselben beeinträchtigende Spannungen entstehen.

Den Schwierigkeiten beim Auswalzen schwacher Theile, welche stark abkühlen, sich also mehr breiten als strecken und solcher Theile, welche von vertikalen oder nahezu vertikalen Flächen begrenzt werden (z. B. dünne, vertikale Stege) begegnet man durch Anwendung von Stauch-Kalibern, welche durch starken Druck eine Breitung erzeugen und dadurch den betreffenden schwachen Theil, ohne dass er selbst starken Druck erleidet, in den für ihn bestimmten Kaliber-Theil hinein stauchen. Dabei müssen ausserdem Stege, die in vertikaler Lage gewalzt werden, z. B. bei ,  und -Eisen, stets einen Anlauf erhalten, weil der Druck der Kaliber-Fläche um so geringer wird, je mehr sie sich der Vertikalen nähert und gleichzeitig die zwischen ihr und dem sich breitenden Eisen entstehende starke Reibung nachtheilige Spannungen im Stege und ein Festklemmen desselben im Kaliber zur Folge haben kann.

Das Verstellen der Oberwalze, um in den Fertig-Profilen verschiedene Stärken, Breiten oder Längen zu erzielen, ist in einigen Fällen, z. B. beim -Eisen, welches diagonal stehend gewalzt wird, ohne Bedenken zulässig; wenn aber dadurch die Dimensionen des Fertig-Profiles sich derart ändern, dass weder ein richtiges Abnahme-Verhältniss des Kaliber-Querschnitts noch ein genaues Schwindmaass mehr aufrecht erhalten werden kann, so ist dies Verfahren zu verwerfen.

a) , ,  und -Eisen. Das Walzen der Winkel-eisen kann nach 3 verschiedenen Methoden geschehen: Es können die Schenkel 1) abwechselnd horizontal liegend oder vertikal stehend, 2) beide gleichmäßig diagonal stehend und 3) beide horizontal liegend gewalzt werden. Die beiden letzten Methoden sind die gebräuchlichsten.

Bei der ersten Methode kann auf den horizontal liegenden Schenkel ein gröfserer Druck ausgeübt, also das Eisen besser gedichtet werden, als bei der zweiten Methode, wo der Schenkel stets schräg liegt. Auch bilden sich dabei nicht so leicht Bärte an den Schenkel-Spitzen und ferner kommt das Austreten der Stäbe beim Walzen in schiefer Richtung nicht so leicht vor. Schenkel mit parallelen Begrenzungs-Flächen kann man auf diese Weise aber nicht erzeugen; man müsste denn — was nicht unzweckmäfsig erscheint und auch in Frankreich geschieht — für einige der letzten Kaliber die 2. Methode in Anwendung bringen.

Bei der 2. Methode wird das Packet nicht diagonal, sondern stets, wie in Fig. 1a angedeutet ist, in das Kaliber eingeführt, damit die Schweifsnahte in beiden Schenkeln gleichmäfsig und nicht wie in Fig. 8a zu liegen kommen. Die Herstellung ungleichschen-

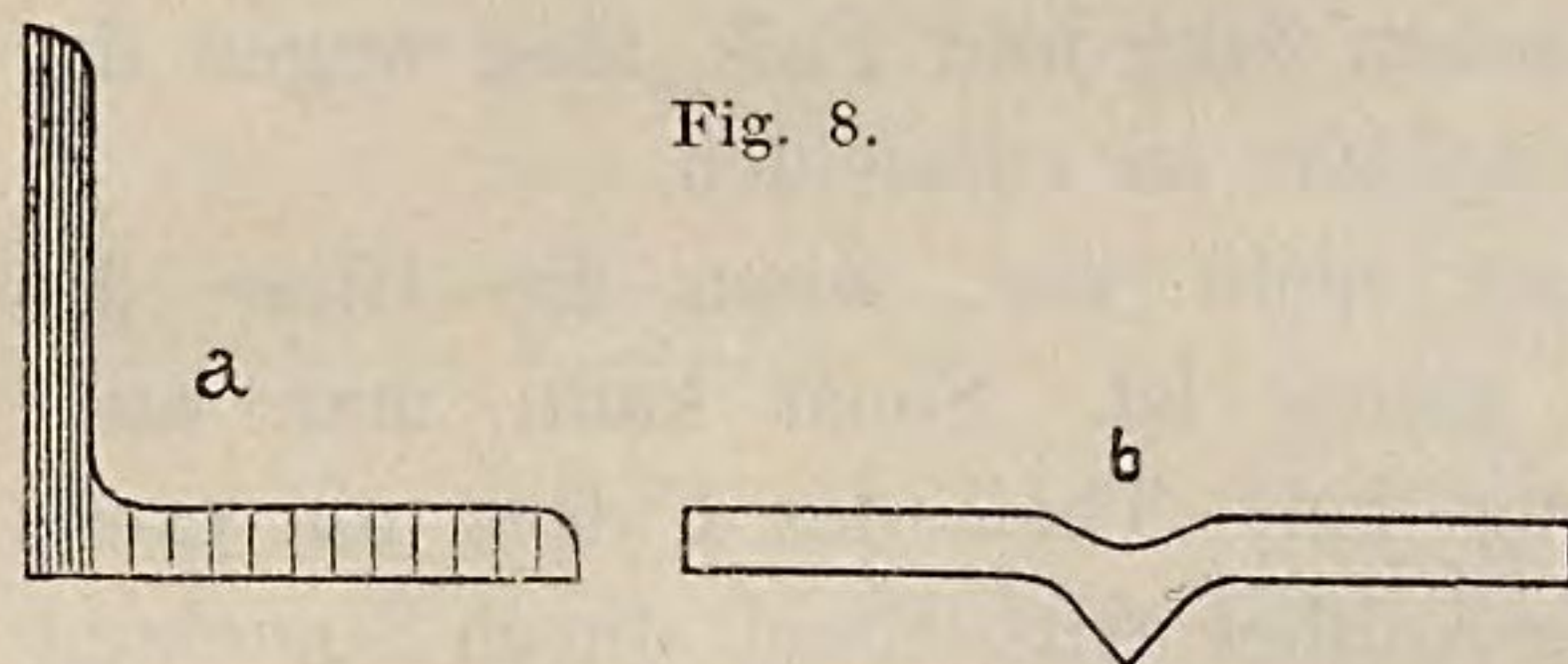


Fig. 8.

liger $\perp$ Eisen ist hier etwas schwieriger, weil ein Schenkel gewöhnlich stärker gedrückt wird als der andere, was zur Folge hat, dass der Stab leicht schief aus der Walze heraus tritt. Aus diesem Grunde wird die

Anbringung von verstellbaren Führungen oder Leiteisen nothwendig.

Die 3. Methode ist heutzutage, namentlich für Erzeugung großer Schenkel-Längen die verbreitetste. Die Schenkel werden dabei auf Kaliberwalzen (seltener auf entsprechend geformten Universalwalzen) in Flach-Kalibern gewalzt (Fig. 8b), die allmählich den rechten Winkel ausbilden, so dass das Zusammenbiegen im Fertig-Kaliber ohne Schwierigkeit vor sich gehen kann. Um beim Uebergang des Stabes vom letzten Flach-Kaliber in das Fertig-Kaliber ein Fassen der Walzen herbei zu führen, giebt man den Schenkeln am Stabende über einem Sattel mit dem Hammer die erforderliche Neigung. Daher ist das bei anderer Herstellungsweise leicht vorkommende Aufreißen der Spitzen langer Schenkel in Folge der Differenzen in der Umfangs-Geschwindigkeit der einzelnen Schenkeltheile hier nicht zu befürchten; auch können Fehler, die bei den anderen Methoden in Folge zu großer oder zu geringer Hitze des Stabes oder durch falsche Kalibrirung entstehen — z. B. nicht volle Schenkelspitzen und zu volle Schenkelspitzen unter Bildung von Nähten hierbei am leichtesten vermieden werden. Z, $\hookleftarrow$ und U-Eisen können ebenfalls mit aus der verschiedenen Form sich ergebenden Modifikationen

nach dieser Methode in Flach-Kalibern hergestellt werden. Doch werden diese Profile auch in gewöhnlichen Kalibern — das U-Eisen mit vertikal stehenden, Z und $\searrow$ -Eisen mit diagonal stehenden Schenkeln — gewalzt.

b) $\overline{\text{I}}$ -Eisen. Dieses Profil wird liegend gewalzt, um die Differenz in der Umfangs-Geschwindigkeit der Kaliber-Theile möglichst gering zu erhalten. Es ist daher nothwendig, dass die Kaliber-Breiten zur Ermöglichung der Streckung bezw. Breitung allmählich zunehmen und dass außerdem die innere Begrenzungs-Fläche der Füße einen Anlauf erhält.

In neuerer Zeit wird das $\overline{\text{I}}$ Eisen mit Erfolg auch auf dem Universal-Walzwerk hergestellt, wo ein Walzen-Paar den Steg und das zweite die Füße ausbildet.²⁴

Die Fehler, welche beim fertig gewalzten $\overline{\text{I}}$ Eisen zuweilen auftreten, hauptsächlich 1) ein nicht voller Fuß an der der Oberwalze zugekehrten Seite; 2) eine Wellung des Steges nach dem Erkalten; 3) Risse zwischen Steg und Fuß, sind wegen der symmetrischen Profilform unschwer zu vermeiden.

Der erste Fehler kommt nicht vor, wenn die Hitze des Stabes beim Walzen groß genug ist. Sonst kann man auch dafür Sorge tragen, dass der betr. Theil des Fußes mit etwas größerer Höhe in das Fertig-Kaliber tritt, damit durch Stauchung das Kaliber vollständig ausgefüllt wird. Das Wellen des Steges, welches von ungleichem Schweißen herrührt, ist durch entsprechende Rektifizierung des Fertig-Profiles und die Risse zwischen Steg und Fuß sind durch Vergrößerung des Abrundungs-Radius in den Ecken zu beseitigen. Das nachträgliche Schweißen solcher rissiger Stellen gelingt selten vollkommen und darf daher nicht gestattet werden.

c) $\overline{\text{T}}$ Eisen²⁵. Das $\overline{\text{T}}$ Eisen ist wegen seiner unsymmetrischen Form und der dadurch herbei geführten ungleichen Umfangs-Geschwindigkeit der Kaliber-Theile im allgemeinen schwieriger zu walzen, als das $\overline{\text{I}}$ Eisen. Man walzt es in der Regel in theils liegenden, theils stehenden Kalibern und dreht den Stab vor jedem neuen Kaliber-Durchgang um 90°. Auf solche Weise erhält man ein sehr dichtes Eisen und ist im Stande, in Folge

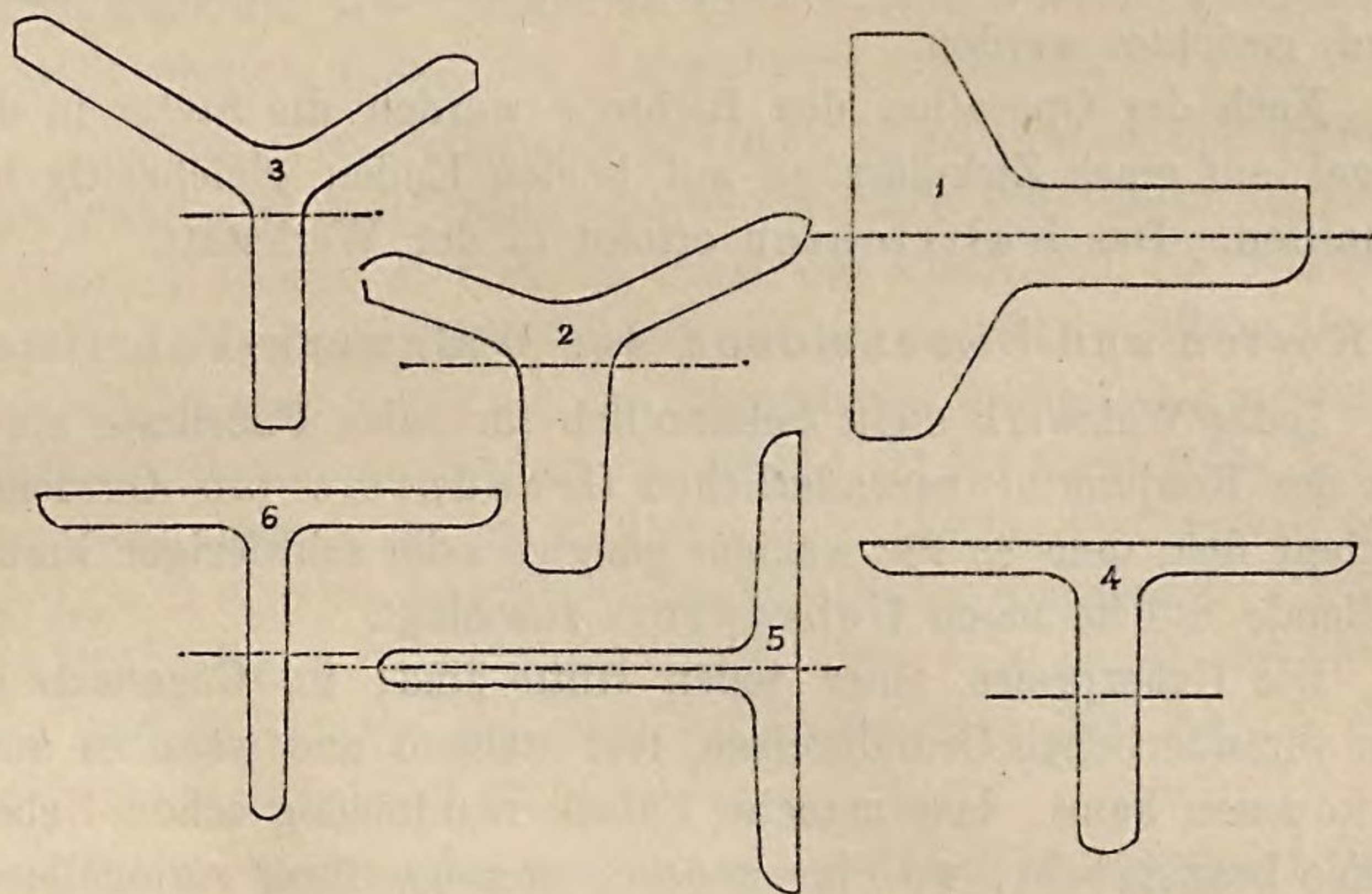
²⁴ Diese Methode wurde zuerst in den sechziger Jahren von der Firma Pétin Gaudet & Cie. in Rive de Gier ausgeführt.

²⁵ Nach Charles Bender sollen die ersten façonnirten Packete für $\overline{\text{T}}$ Eisen auf den Phönixville Works in Pennsylvanien in Anwendung gekommen und von dort nach Europa verpflanzt worden sein. Ebendasselbst sollen auch die ersten 380 mm hohen $\overline{\text{I}}$ Träger gewalzt worden sein; Zeit. d. Ver. deutsch. Ingen. 1873, S. 718.

der Stauchung die Kaliber-Breite bis zum Fertig-Profil allmählich zu verringern. Die innern Steg- und Basis-Flächen müssen auch hier einen Anlauf erhalten. Ein Verstellen der Oberwalze ist nur im Fertig-Kaliber möglich, da in den vorher gehenden Kalibern, wegen der Drehung um 90° , die Stärken des Stegs oder Fußes für jedes Kaliber genau vorgeschrieben sind.

Da die Schwierigkeit des Auswalzens mit der Steghöhe zunimmt, so stellt man namentlich hochstegige Γ Eisen auch wohl aus dem Γ Eisen durch Zerschneiden des letztern in zwei Hälften her²⁶ oder man walzt sie in Υ förmigen Kalibern.

Fig. 9.



Letztere in Frankreich geübte Methode ist in Fig. 9 dargestellt. Der aus dem ersten Kaliber der Fertig-Walze tretende Stab gelangt stehend in das zweite, woselbst die Füße nach oben gebogen werden. Vor dem Durchgange durch das 3. stehende Kaliber wird der Stab um 120° nach links gedreht, so dass der linke Theil des Fußes aus Kaliber 2 jetzt in Kaliber 3, nach rechts zu liegen kommt. Der Steg aus Kaliber 2 wird in Kaliber 3 stark gedrückt und gebreitet, um im Kaliber 4 wieder als Steg zu dienen. Das 5. Kaliber und das 6. Fertig-Kaliber haben die gewöhnliche Γ Form. Es findet also bei dieser Herstellungsweise die Längen-Ausdehnung zweier Flügel durch Verminderung der Dicken derselben und die Längen-Ausdehnung des 3. senkrecht zur Walzen-Axe stehenden Flügels durch Stauchung statt. —

²⁶ Dabei muss der Stab zwischen Leitungen gerade geführt werden und die Scherenmesser müssen so weit von einander abstehen, dass das Eisen nicht ganz durchgeschnitten wird, sondern eben noch zusammen hängt, weil es sonst in Folge der ihm noch innewohnenden Spannungen leicht krumm und windschief wird. Die Trennung geschieht nachher sehr leicht durch wenige Stöße oder Hammerschläge.

d) Das Richten der Façoneisen erfolgt in rothglühendem Zustande wie bei den Blechen, oder auch in Walzen-Pressen. Komplizirte Formen, wie Vautherin-Schwellen und Zorès-Eisen (auch breite Winkeleisen) werden besser in besonderen gusseisernen Lehren (Matrizen, Gesenken) gerichtet, wobei man häufig belastete, genau nach der äufsern Form des Stabes abgedrehte Walzen über denselben hin und her rollen lässt.

Erwähnenswerth ist auch die hydraulische Richte-Pressen der *Edge Moor Iron Works*²⁷, in welcher die Stäbe zwischen zwei Gesenken, von denen das eine fest liegt, während das andere durch eine Reihe paralleler Kniehebel gegen das erstere gedrückt wird, gerichtet werden.

Nach der Operation des Richtens werden die Stäbe in der Regel auf einer Zirkularsäge auf beiden Enden gleichzeitig beschnitten. Das Kaltrichten erfolgt in der Werkstatt.

5. Kosten und Dimensionen der Walzwerk-Fabrikate.

Jedes Walzwerk stellt bekanntlich für seine Fabrikate einen mit der Konjunktur veränderlichen Grundpreis pro Gewichtseinheit fest, dem es für weniger gängige oder schwieriger herzustellende Stücke einen Ueberpreis zuschlägt.

Die Ueberpreise einer jeden Hütte sind, im Gegensatz zu den veränderlichen Grundpreisen, fest stehend und wenn es auch vorkommen kann, dass manche Fabrik regelmässig schon Ueberpreise beansprucht, wo eine andere, vermöge ihrer rationelleren Einrichtung u. s. w., noch zum Grundpreise abgiebt, so kommen doch im allgemeinen Ueberpreise nur in folgenden Fällen zur Berechnung: für bestimmt vorgeschriebene, aufsergewöhnliche, zu grofse oder zu kleine Dimensionen; für aufsergewöhnliches Gewicht; für besondere Qualität; für besondere Form (z. B. Flach- und Universal-Eisen, Rund- und Quadrat-Eisen) u. s. w.

Bei Auswahl des Brückenbau-Materials wird man daher die auf den Preis eines Stückes influirenden Umstände mit in Betracht ziehen und in jedem Falle an der Hand der Preis-Verzeichnisse der betreffenden Hüttenwerke zu erwägen haben, ob es gerathener ist, bei Anwendung des Stückes die praktischen oder die möglichen Grenzen, innerhalb welcher sich Gewicht und Dimensionen desselben bewegen, inne zu halten. Erstere Grenzen sind im allgemeinen von den Fabrikations-Kosten, letztere von den Dimensionen und der Leistung der Fabrikations-Mittel abhängig.

²⁷ Gleim a. o. O., S. 88.

Das praktische Maximal-Gewicht eines Stückes ist für Bleche und Flacheisen im allgemeinen zu etwa 400—450 kg, bei starken Façoneisen größer anzunehmen. Hieraus ergibt sich z. B. für Bleche, bei einer Maximal-Breite von 1,0 m bis 1,5 m²⁸ und den gebräuchlichen Blechstärken von 7—15 mm die Maximal-Länge. Dabei ist aber noch zu beachten, dass bei Annahme einer gleichen Breite, ein dünneres Blech praktisch kürzer zu halten ist, als ein stärkeres, weil dünnere Bleche bei gleichem Gewichte einem längeren Walz-Prozesse unterworfen werden müssen und vorzeitiger abkühlen als stärkere. Dadurch kann, obgleich gegen Ende des Walz-Prozesses die Walzen nur weniger zusammen gestellt werden, leicht ein Walzenbruch entstehen.

Das mögliche Gewicht einer Blechtafel überschreitet das praktische bedeutend: Bereits im Jahre 1867 hatte die Firma Pétin, Gaudet & Cie. in Paris ein Blech von 1,57 m Breite, 19,20 m Länge und 2860 kg Gewicht ausgestellt; ähnliche Dimensionen sah man ferner auf der Düsseldorfer Ausstellung als Schaustücke, z. B. von der Heinrichshütte der Dortmunder Union ein Blech 11 m × 2,42 m × 10 mm und 2 080 kg, ein anderes 6,7 m × 2,5 m × 6,25 mm und 901 kg; ferner von der Gesellschaft Phönix ein Flusseisen-Blech von 1,55 m × 8,5 m × 11 mm und 1116 kg und endlich von Krupp ein Flusseisen-Blech von 2,5 m × 7,0 m × 11,7 mm und 1 630 kg.

Die Preise für Flacheisen wachsen mit zunehmender Breite und abnehmender Stärke eines Stückes, weil breitere Stücke leichter zu Blasen-Bildungen Anlass geben, als schmälere und auch schwieriger zu richten sind als letztere und ferner weil dünnere Stücke, wie bei den Blechen, die Fabrikation erschweren. Die praktische Maximalbreite ist bei Stärken von 10—20 mm etwa 400 bis 600 mm und die Maximallänge dabei etwa 9 m.

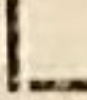
Selbstverständlich sind die Flacheisen in bedeutend größeren Dimensionen zu haben²⁹. Das Neunkircher Eisenwerk bei Saarbrücken liefert z. B. Breiten von 700 mm, dabei Längen von 22 m, ausnahmsweise selbst 26 m. Ferner hatte die Dortmunder Union in Düsseldorf eine beachtenswerthe Kollektion von Flacheisen aus Schweifeseisen zur Schau gestellt, welche sämtlich je 20 m Länge bei nur 10 mm Stärke zeigten. Das größte dieser

²⁸ Die größte-Blech-Breite kann in dem neuesten Walzwerke der 1788 gegründeten *Low Moor Iron Works* in England erzielt werden, nämlich 10' oder 3,047 m. Kesselböden sind auf deutschen Werken bis zu 2,8 m Durchm. zu haben.

²⁹ Die Akt.-Gesellschaft für Eisen-Industrie in Styrum walzte früher 1 m breite Universaleisen. Diese Fabrikation ist aber aufgegeben worden, weil schon bei einer Breite über 600 mm Bleche sich billiger stellen als Universaleisen.

Stücke war 500 mm breit und wog 800 kg, das kleinste war 20 mm breit und wog dabei nur 35 kg.

Ueber gebräuchliche Dimensionen von Façoneisen giebt das deutsche Normal-Profilbuch für Walzeisen Aufschluss. Danach hat das größte  Profil bei 10 m Länge ein Gewicht von etwa 1 400 kg. Von der Firma Pétin, Gaudet & Cie. wo 1867 in Paris schon ein im Universal-Walzwerk fabrizirtes  Eisen von 1 m Höhe, 10 m Länge und 2 500 kg Gewicht, sowie ein anderes von 280 mm Höhe, 32 m Länge und 1 350 kg Gewicht ausgestellt worden. In Düsseldorf hatte die Gesellschaft Union die schwersten Façoneisen ausgestellt, darunter ein  Eisen von 12 m Länge, 0,5 m hoch, 1 632 kg schwer und ein anderes von 20 m Länge, 0,4 m Höhe und 1 672 kg Gewicht.

Im allgemeinen darf man die Normal-Länge, d. h. diejenige Länge, bei der noch kein Ueberpreis eintritt zu 8 m annehmen und ferner Flacheisen,  Eisen und  Eisen als die gängigsten Profile bezeichnen. Genauere Preis-Feststellung etc. ist jedoch nur mit Hilfe der Preis-Verzeichnisse der Hüttenwerke möglich.

6. Herstellung von Guss-Stücken.

Das Gusseisen findet bei uns in der Regel nur noch zu Auflagertheilen, Säulen und maschinellen Theilen für bewegliche Brücken Verwendung, während in Amerika zur Zeit auch noch Obergurte und Druckstreben aus diesem Material hergestellt werden. Säulen und Gurtstücke in Röhrenform sind aber schwierig zu gießen, weil durch ein Steigen des Kerns, in Folge des Auftriebs der flüssigen Metall-Masse, durch ungleichmäßige Abkühlung der aus verschiedenen Oeffnungen eintretenden Metall-Ströme vor ihrer gänzlichen Vereinigung und auch durch die Kraft der eingeschlossenen Luft u. s. w. die Bildung von Fehlern, welche die Festigkeit des Stücks erheblich beeinträchtigen, z. B. ungleiche Metallstärke, zellige Struktur, Luftblasen und innere Spannungen, sehr schwierig zu umgehen ist. Die Amerikaner verwenden allerdings große Sorgfalt auf Erzielung guter Qualitäten, entschlossen sich aber, angesichts des allgemeinen Misstrauens, das sich gegen das Gusseisen geltend macht, mehr und mehr dazu, dasselbe nur noch, wie wir, für untergeordnete Theile zu verwenden. Ein vorzüglicher Ersatz für das Gusseisen ist der (allerdings viel theurere) Stahl-Façonguss, der in der Neuzeit anfängt, dem Gusseisen seine letzte Domaine im Brückenbau streitig zu machen.

Der Stahl-Façonguss für Brücken-Konstruktionstheile darf nur aus Tiegel-Gussstahl hergestellt werden. Es ist zwar zur Zeit schon möglich aus Martin-Stahl, wenn derselbe vor dem

Abstich von allen Eisen-Oxyden durch Reduktion mittels Ferro-Mangan oder Ferro-Silicium befreit worden ist, einigermaßen dichte Stücke zu gießen; die Qualität derselben ist aber für den Brückenbau keine genügende.

In der renommirten Spezial-Fabrik von J. Asthöwer & Co. zu Annen in Westfalen werden Façonstücke aus Tiegel-Gussstahl bis zu einem Stückgewicht von etwa 5^t gegossen. Die Tiegel — aus einer Mischung von feuerfestem Thon und Kokes hergestellt — erhalten, wenn sie gut lufttrocken sind, ein jeder in wohl sortirten Stücken einen Einsatz von 33—35^{kg} an kohlenstoffarmen Schmiedeeisen mit Zusätzen von Stahl, Spiegeleisen und Ferro-Mangan und gelangen darauf, mit gut schließendem Deckel versehen, in einen Vorwärm-Ofen, wo sie bis auf Rothgluth erhitzt werden. Von dort werden die Tiegel in einen Regenerativ-Schmelzofen gebracht, der etwa 45—50 derselben beherbergen kann und verbleiben daselbst so lange, bis der Einsatz vollkommen flüssig geworden ist. Die Formen, in welche hierauf das Gießen aus den Tiegeln erfolgt, bestehen aus einem sehr feuerfesten Material, das möglichst wenig Gas bildende Substanzen enthält.

Die Herstellung tadelloser Façonstücke ist mit Schwierigkeiten aller Art verknüpft. Dichte Güsse können nur erzielt werden, wenn der Stahl sehr gar geschmolzen und frei von Oxyden und Gas bildenden Bestandtheilen ist. Doch drohen noch Wrackgüsse, hervorgerufen durch Brüche, Spannungs-Risse, Verziehen, namentlich aber — weil das lineare Schwinden der gegossenen Stücke gegen 2% der natürlichen Masse beträgt — in Folge des Reißens durch Zusammenschrumpfen. Da nun die Form wenig nachgiebig ist, so muss beim Stahl-Façonguss in noch höherem Grade als beim Guss-eisen, Sorgfalt auf die Gestaltung der Stücke gelegt werden, damit ein Schwinden möglich ist, ohne dass sich die Form zusammen zieht.

Die Stahl-Façonstücke haben im allgemeinen eine Festigkeit von 40 bis 60^{kg} pro qmm, eine Dehnung von 2 bis 6% und lassen sich im warmen Zustande ebenso gut schmieden, wie ein Ingot, der aus demselben Stahl gegossen ist.

Das Ausglühen der Stücke, welches die Zähigkeit derselben erfahrungsmäßig bedeutend erhöht, weil dadurch die durch Schrumpfen entstandenen Spannungen ausgeglichen werden, sollte für Brücken-Konstruktionstheile stets vorgeschrieben werden.

7) Herstellung von Schmiede- und Press-Stücken.

Die hier hauptsächlich in Betracht kommenden, durch Schmieden und Pressen herzustellenden, Stücke sind Zugstangen, Niete, Schrauben, Buckelplatten und Wellbleche.

a) Zugstangen. Die Augen oder Oesen der Zugstangen und Kettenglieder (Fig. 10a) stellt man in Deutschland, wo die hydraulischen Schmiede-Maschinen zu den Seltenheiten gehören, vorkommenden Falls durch direktes Ausschmieden aus einem stärkeren Stücke oder bei kleinen Dimensionen in der Art her, dass man Flacheisen von passender Stärke an den Enden aufspaltet und letztere über einem Dorn zusammen schweißst.³⁰

Erstere Methode ist noch im Jahre 1880 von einer großen deutschen Brückenbau-Anstalt, die für Amerika eine bedeutende Lieferung von über 100 mm breiten Zugstangen mit Augen von 250 mm Breite und 26 mm Stärke auszuführen hatte, geübt worden. Die sehnige Textur der auf etwa $60 \times 160 \times 2000$ mm ausgewalzten Arbeitsstücke hat sich aber durch das Ausschmieden unter schnell gehenden Dampfhammern — obgleich stets große Sorgfalt auf Erzielung der zum Schmieden erforderlichen hellgelben Glühhitze gelegt worden war — bei den meisten Stangen an einigen Stellen in körnige umgewandelt, was zur Folge hatte, dass viele derselben beim Nachrichten unter der Presse an diesen Stellen brachen. Wenn nun auch durch Ausglühen der Stangen vor dem Richten solche Brüche vermieden werden können, so ist doch eine gewaltsame Ausarbeitung starker Stücke unter Hämmern nicht rathsam, da ein gleichmäßig sehniges Gefüge des Endproduktes dadurch nie erzielt wird.

Eine bessere Methode, die in Amerika unter Anwendung hydraulischer Press-Vorrichtungen vielfach geübt wird, ist das Anstauchen der Oesen aus einem Flacheisenstabe von passender Stärke und erfahrungsmäßig zu bestimmender Länge, eine Arbeit, welche dort in flachen Halbgesenken in der Regel in zwei Hitzen zur Ausführung kommt. In den *Phoenix Bridge Works* wird das heiße Stabende in der ersten Hitze in die beiden Halbgesenke von der Form der Fig. 10 b (welche noch nicht die definitive Gestalt der Oese einschließen) von *c* aus hochkantig eingebracht. Sobald dann das Ende des Stabes bis *b* gekommen ist, wird derselbe durch 2 Exzenter fest geklemmt und darauf durch einen genau in die Oeffnung *a* passenden, den Kopf einer Kolbenstange bildenden Stempel die Stauchung von *a* aus derartig bewirkt, dass durch Verdrängung des Materials von *a* bis *b* dasselbe seitwärts in die Gesenk-Form hinein gepresst wird. Dabei findet, um die Stauchung zu erleichtern, gleichzeitig eine Verdickung des Stabes statt, welche in der zweiten Hitze, bei Herstellung der definitiven

³⁰ Die Verwendung geschweißter Kettenglieder ist von jeher möglichst vermieden worden. Schon Telford gebrauchte bei Erbauung der Menai-Hängebrücke (1818—1826) aufgestauchte Kettenglieder.

Form in einem zweiten Gesenke durch Plattdrücken des verdickten Stabes mittels des vertikal geführten Obergesenks wieder beseitigt wird. Gleichzeitig stellen Vorsprünge an den Gesenken auf beiden Seiten der Oese an der Stelle des künftigen Bolzenloches eine Einkerbung von etwa $\frac{1}{4}$ der Materialstärke her, welche den Zweck hat, das Material mit nach dem Rande treiben zu helfen und außerdem bei der darauf noch im rothglühenden Zustande erfolgenden Operation des Lochens zur Führung beim Aufsetzen des Lochstempels dient. Auch dieses Verfahren wird wegen der gewaltsamen Art, wie dabei (trotz des gleichmäßigen hydraulischen Druckes) das Anstauchen erfolgt, die Festigkeit des Materials mehr oder minder beeinträchtigen.

Fig. 10 a.

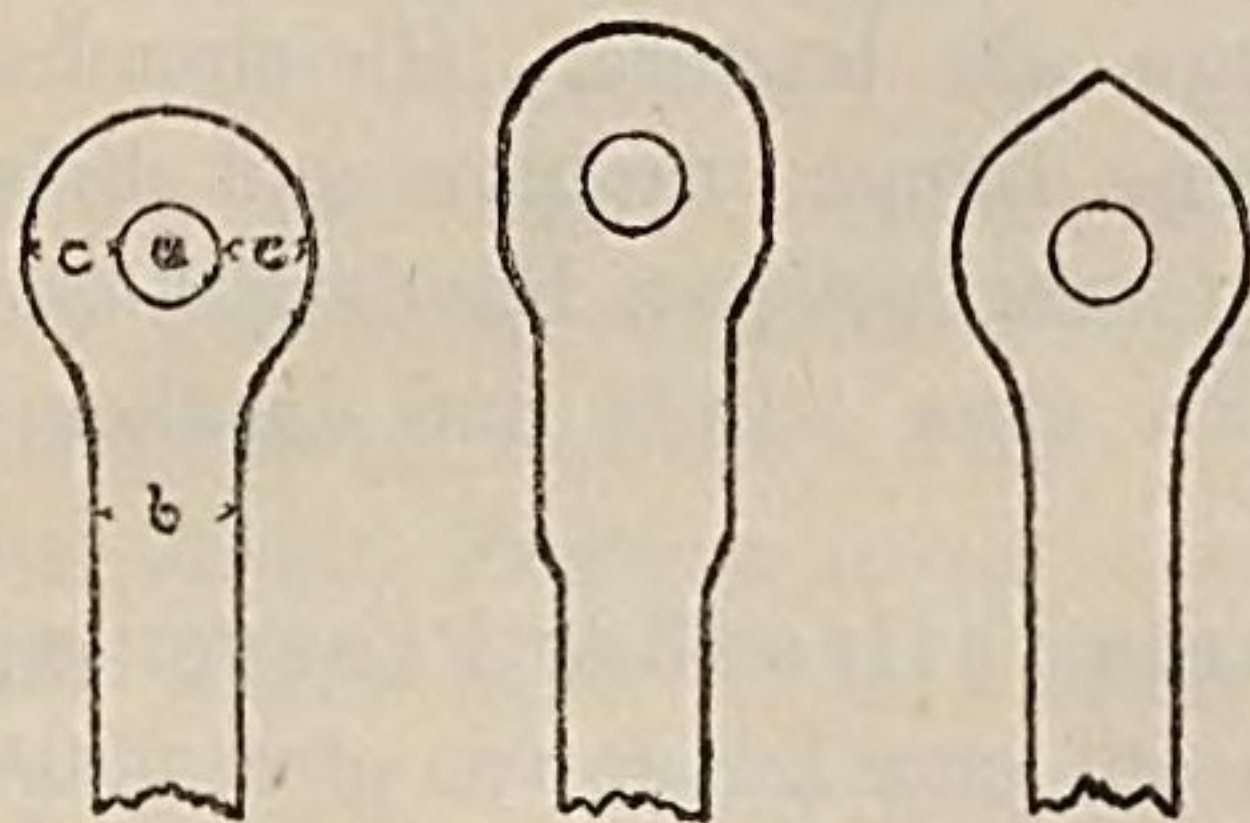


Fig. 10 b.

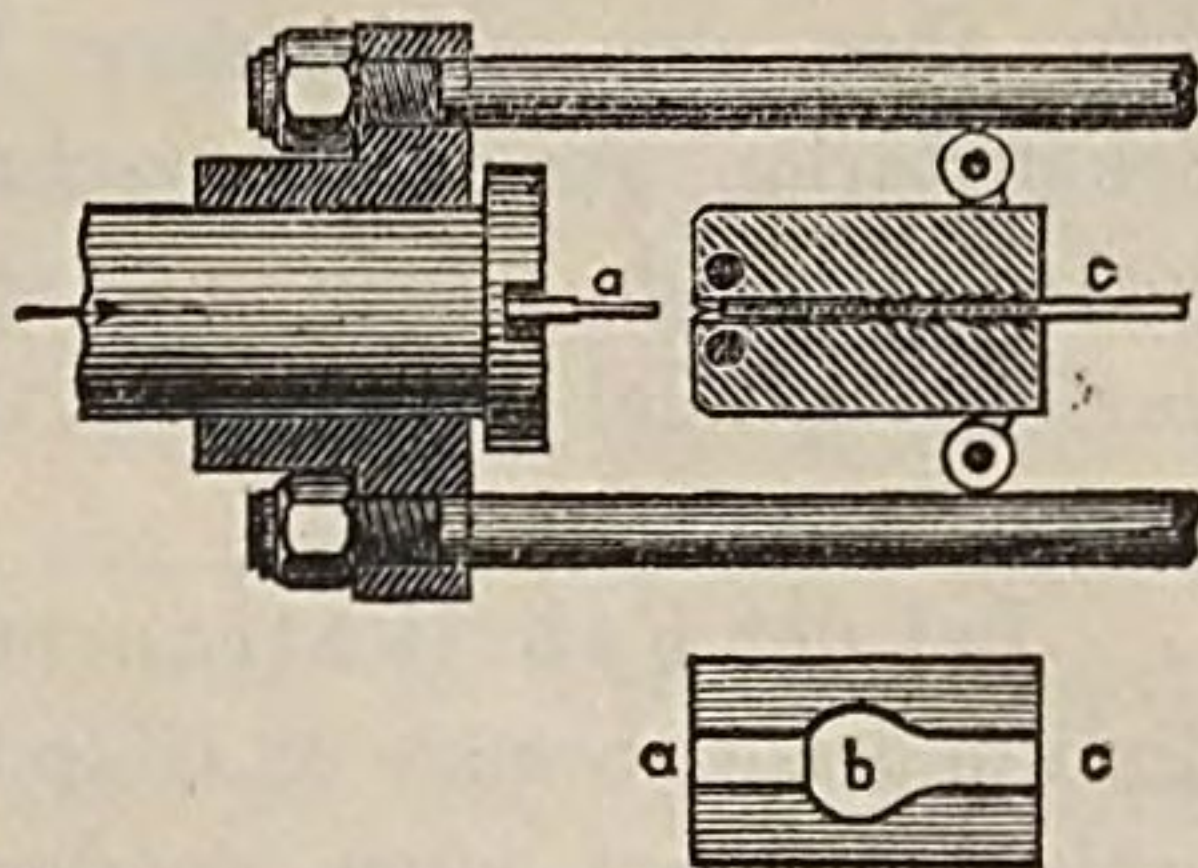


Fig. 11 a.

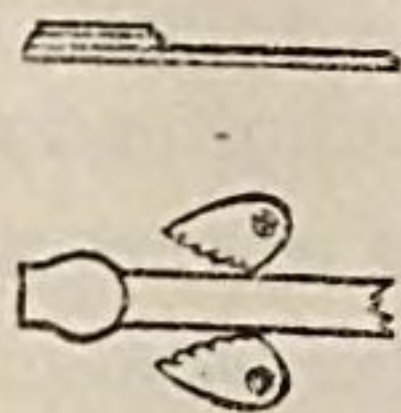
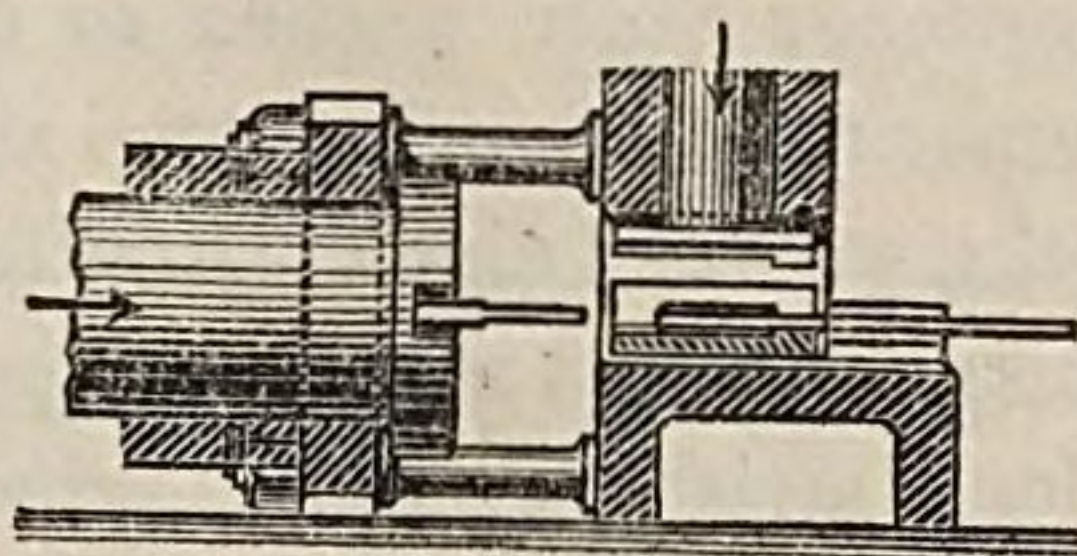


Fig. 11 b.



Als die beste Methode erscheint daher die in der Anstalt zu *Edge Moor* geübte. Dort wird nämlich die starke Stauchung dadurch vermieden, dass man ein Stück oder mehrere Stücke von passender Länge vom Stabe abschneidet, auf das Stabende legt (Fig. 11 a) und mit demselben zusammenschweißt. Das Schweißen geschieht durch vertikale und das nachherige geringe Stauchen, wie in *Phönixville*, durch horizontale Kolben-Bewegung (Fig. 11 b). Die definitive Form erhält das Auge in einer zweiten Presse, welche auch das Lochen bewirkt. Zu diesem Zwecke wird das eben geformte Auge, während das Obergesenk aufwärts geht, auf eine Matrize gelegt, die sich inzwischen selbstthätig auf das Untergesenk geschoben hat und dann ein loser Stempel mittels einer Zange in die vorgepresste Einkerbung des Auges eingestellt. Hierauf vollführt das wieder herab kommende Obergesenk die

Lochung. Zur Erzielung der genauen Stangen - Länge sind vor den Pressen entsprechende Unterlags-Bahnen für das Auflegen der Stangen mit verstellbaren Anschlägen angebracht.

Es unterliegt keinem Zweifel, dass das Stanzen der Augen-Löcher in warmem Zustande und nachheriges Ausbohren besser ist, als direktes Bohren derselben in kaltem Zustande, weil in letzterm Falle die Faserrichtung des Materials im Auge ungünstig durchschnitten wird.

b) Die Nieten werden in Spezial-Fabriken,³¹ von denen die Brückenbau-Anstalt ihren Bedarf bezieht, entweder auf sog. rotirenden Nieten-Pressen oder auf Spindel-Pressen angefertigt.

Die rotirenden Nieten-Maschinen³² produziren zwar größere Massen — 1500—2000 kg täglich — als die Spindel-Pressen, liefern aber eine schlechtere Waare als letztere. Gleichmäßige Schaftstärke, genau vorgeschriebene Länge, saubere und dichte, zentral sitzende Köpfe mit scharf ausgeprägten Rändern können nur auf Spindel-Pressen — täglich etwa 500 kg und darüber — erzeugt werden.

Bei der Fabrikation mittels rotirender Pressen wird die Rundeisen-Stange in Glühöfen auf eine Länge von etwa 600 mm erhitzt und auf einer an der Maschine befindlichen Schere (mit Stellvorrichtung zur Begrenzung der Stiftlänge) zerschnitten. Die abgeschnittenen Stifte werden in die Matrizen, deren acht an der Zahl in einer rotirenden Trommel sitzen, (gewöhnlich durch Knaben) eingesteckt, während eine die Kopfform des Niets enthaltende Patrize sich vertikal auf- und nieder bewegt und den Kopf ausprägt. Durch ein in der Matrizen-Trommel arbeitendes Exzenter werden sodann die Nieten aus den Matrizen gedrückt und fallen zur Erde.

Nach dem Erkalten werden die Niete auf einer andern Maschine von dem am Kopfe gebildeten Grate dadurch befreit, dass man sie in die Stahlbüchse am Kopfe eines hin- und hergehenden Schlittens steckt, der das Niet durch ein gegenüber stehendes Stahlfutter presst. Hierauf sind die Nieten zum Versandt fertig.

Die Spindel-Pressen arbeiten entweder mit beweglicher oder fester Spindel.

Bei der ersten Art wird eine 2 oder 3 gängige Schrauben-Spindel, die am unteren Ende einen durch Gleitstücke geführten sog. König mit der Patrize trägt, mit Hilfe eines am oberen

³¹ Spezial-Fabriken sind: A. Flender, Düsseldorf; E. v. Gahlen, Gerresheim; Otto Asbeck, Hagen; Graeve u. Kaiser, Plettenberg; Façon-Schmiede- und Schrauben-Fabrik, Aktien-Gesellschaft, Berlin.

³² Erfunden von de Bergue, verbessert von Quirin: D. R.-P. No. 7884.

Ende befindlichen Schwungrades auf- und nieder bewegt, wobei die Drehung des Schwungrades, abwechselnd nach links und nach rechts, durch Friktions-Scheiben mittels Hebel-Vorrichtung und Handbewegung erfolgt. In der Spindel-Axe, auf dem Bodenstück des Pressen-Körpers steht die Matrize und zwar entweder lose, so dass sie nach jeder Operation entfernt und — während aus ihr der fertige Niet mittels Hammer und Dorn heraus geschlagen wird — durch eine andere ersetzt werden kann oder fest, in welchem Falle der fertige Niet durch eine besondere selbstthätige Vorrichtung ausgehoben wird.

Bei der zweiten Art von Pressen³³ erfolgt die Drehung der fest gelagerten Spindel ebenfalls durch Friktions-Scheiben. Auf der Spindel bewegt sich eine Mutter, welche mit einem die Matrize tragenden Ambos durch 2 Zugstangen fest verbunden ist. Die Matrize (für den Kopf) sitzt unter einem zwischen Mutter und Ambos befindlichen Querstücke des Pressen-Körpers und der beim Aufgange des Ambos gepresste Niet wird beim Niedergange desselben durch einen Dorn selbstthätig ausgehoben. Bei beiden Pressen-Arten werden die Stifte vorher auf Scheren kalt abgeschnitten; die kleineren Sorten in Flammöfen ganz, die größeren in Gebläse-Oefen nur an den Spitzen erhitzt. Das Entfernen des Grates am fertig gepressten Niet geschieht wie zuvor.

Es kommt oft vor, dass große Niete mit ganz gleichmäßig starkem Schaft verlangt werden. Dieser Vorschrift — die übrigens ziemlich unnütz ist — kann nur genügt werden, wenn der Stift über seine ganze Länge vollkommen gleichmäßig erhitzt wird, da an einem Ende erhitzte Stifte stets Niete liefern, deren Schaft unter dem Kopfe stärker ist, als weiter unten.

Die beste Waare und die größten Massen produziren die amerikanischen Nieten-Maschinen, die bei uns wenig gekannt sind. Bei denselben braucht der Arbeiter die heiße Eisenstange nur langsam vorzuschieben, worauf in unmittelbar auf einander folgenden Operationen das Schneiden, Pressen und Auswerfen des fertigen Niets erfolgt. —

c) Bolzen. Die fabrikmässige Anfertigung erfolgt entweder auf Pressen, die in ihrer Konstruktion mit den Nieten-Pressen überein stimmen, oder auf Bolzen-Schmiedemaschinen. Die Handarbeit, bei der man einen um das Bolzen-Ende gewickelten Flacheisen-Ring mit dem Bolzen zusammen schweißst

³³ Erfunden von dem Franzosen Vincent; patentirt dem Engländer Simon: D. R.-P. No. 1084.

und in Gesenken entsprechend formt, eignet sich nicht für die Erzeugung gleichmäßiger Waare und großer Massen; auch werden in den meisten Lieferungs-Bedingungen mit Recht angestauchte und nicht geschweißte Köpfe verlangt. —

Die Bolzen-Schmiedemaschinen sind erst in neuester Zeit von Amerika aus bei uns eingeführt worden. Sie liefern bei guter Bedienung ein vorzüglich gleichmäßiges und sauberes Produkt, wie es in Pressen nicht hergestellt werden kann. Verfasser hat verschiedene in Amerika geschmiedete Bolzen in Besitz, die ohne weitere Bearbeitung durch Feilen oder Drehen direkt zu schlichten, bezw. blank zu machen sind.

Das Schmieden der Köpfe geschieht derart, dass das gelbwarm gemachte Bolzen-Ende durch einen Kopfhammer gestaucht wird, während gleichzeitig zwei in vertikaler und zwei in horizontaler Richtung hin- und hergehende Seitenhämmer die Kopfform — in beliebiger Gestalt — herstellen. Mit einer solchen Maschine können in 10 Arbeits-Stunden durch geübte Arbeiter 3000 bis 5000 Bolzen fabriziert werden.

d) Muttern. Das fabrikmäßige Pressen der Muttern aus körnigen Flacheisenstäben kann auf kaltem oder auf warmem Wege erfolgen.

In Deutschland verbraucht man nur warm gepresste Muttern, während in Amerika, namentlich durch die Bestrebungen der Firma Hoopes & Townsend in Philadelphia³⁴, die kalt gepressten Muttern stark in Aufnahme kommen. Diese Muttern sind nach den Resultaten sehr ausführlicher Versuche des Prof. Thurston³⁵ im allgemeinen bedeutend fester, reißen nicht so leicht beim Gewindeschneiden und verschleifen viel weniger, als die warm gepressten. Außerdem beruht ein Vorzug derselben darin, dass sie die scharfen Kanten des Gewinde-Bohrers nicht angreifen, weil in dem kalt gestanzten Mutterloche keine so harte Kruste verbleibt wie bei den warm gepressten.

Bei der gewöhnlichen Herstellungsweise auf warmem Wege werden mit Hülfe eines sechskantigen durchlochten Stempels *e* die Hexagone (Fig. 12 b) aus dem sich vorschiebendem Flacheisenstabe gestanzt, während gleichzeitig ein Lochstempel *f* — zündnadelartig vor und zurück schnellend — die Lochung vollführt. Hierbei verbleiben die prismatischen Körper *a* und die

³⁴ D. R.-P. No. 1721.

³⁵ *Results of a series of tests of cold punched and hot pressed nuts at the mechanical laboratory of the Stevens Inst. of Technology, Hoboken. A Report by Prof. R. H. Thurston, Direktor.*

Kerne *b* (Fig. 12 a) (im ganzen etwa 50% des Materials) als Rückstände.

Um diesen starken Abfall an Material zu vermindern, sind in neuerer Zeit vielfach besondere Mutter-Maschinen einge-

Fig. 12. Muttern-Fabrikation.

Fig. 12 a.

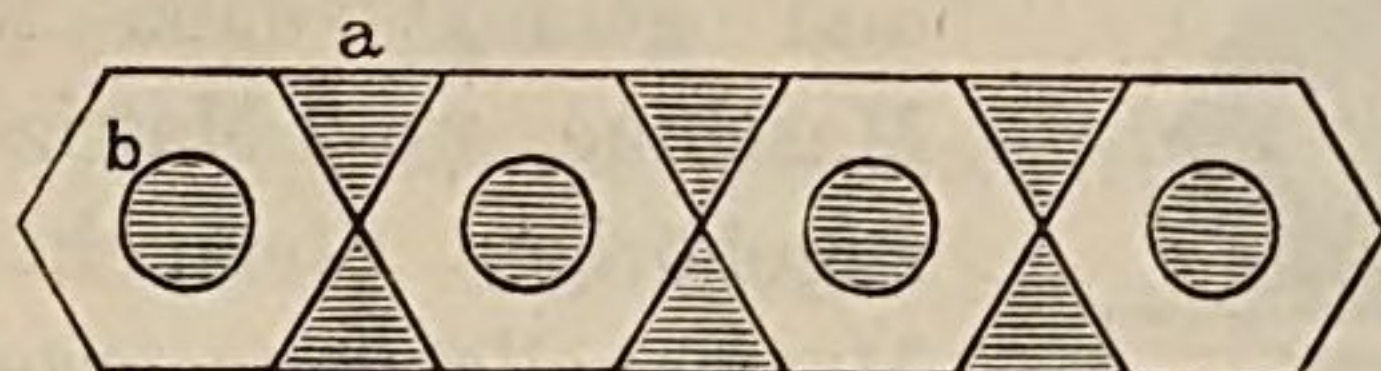


Fig. 12 b.

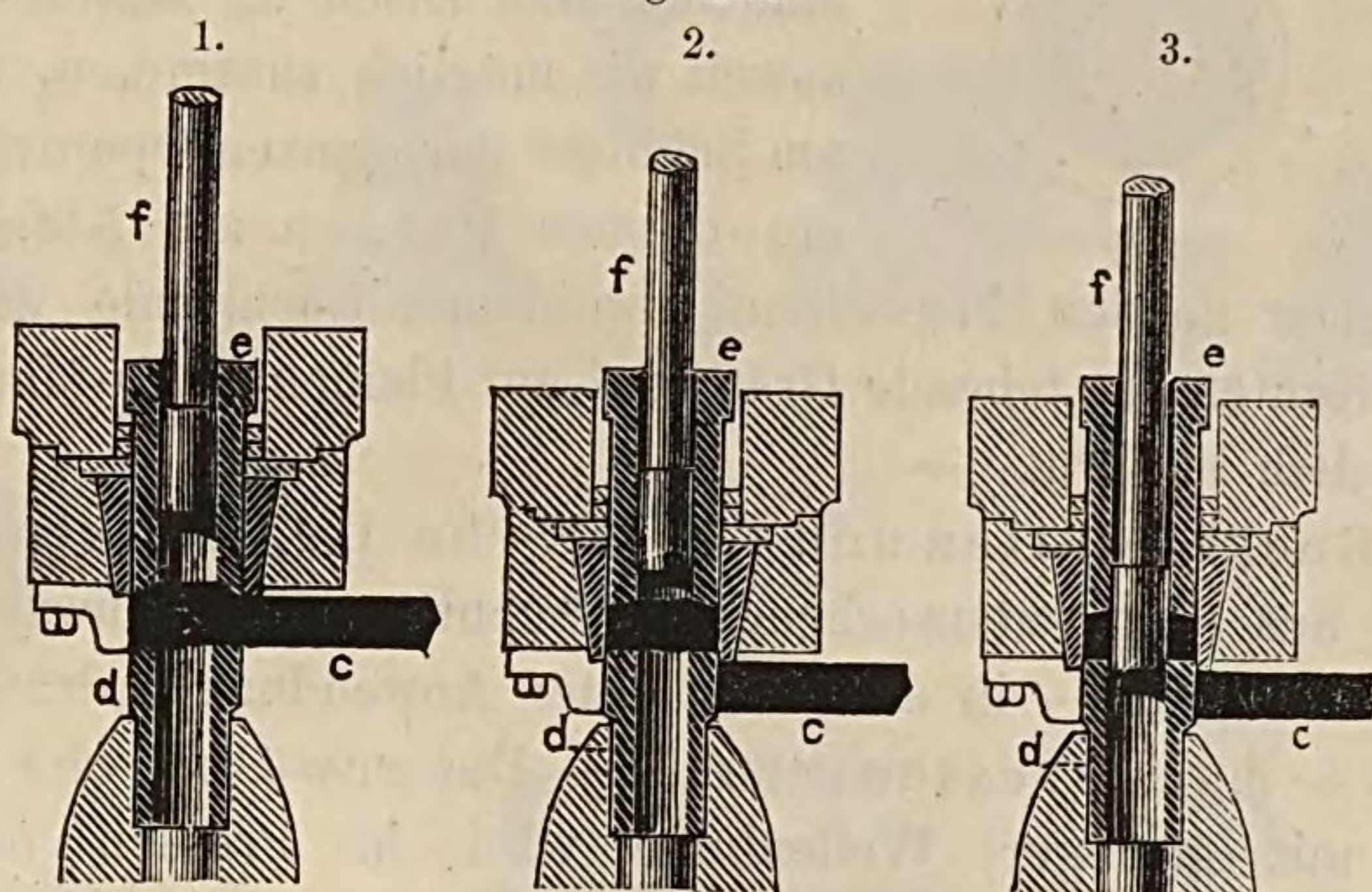
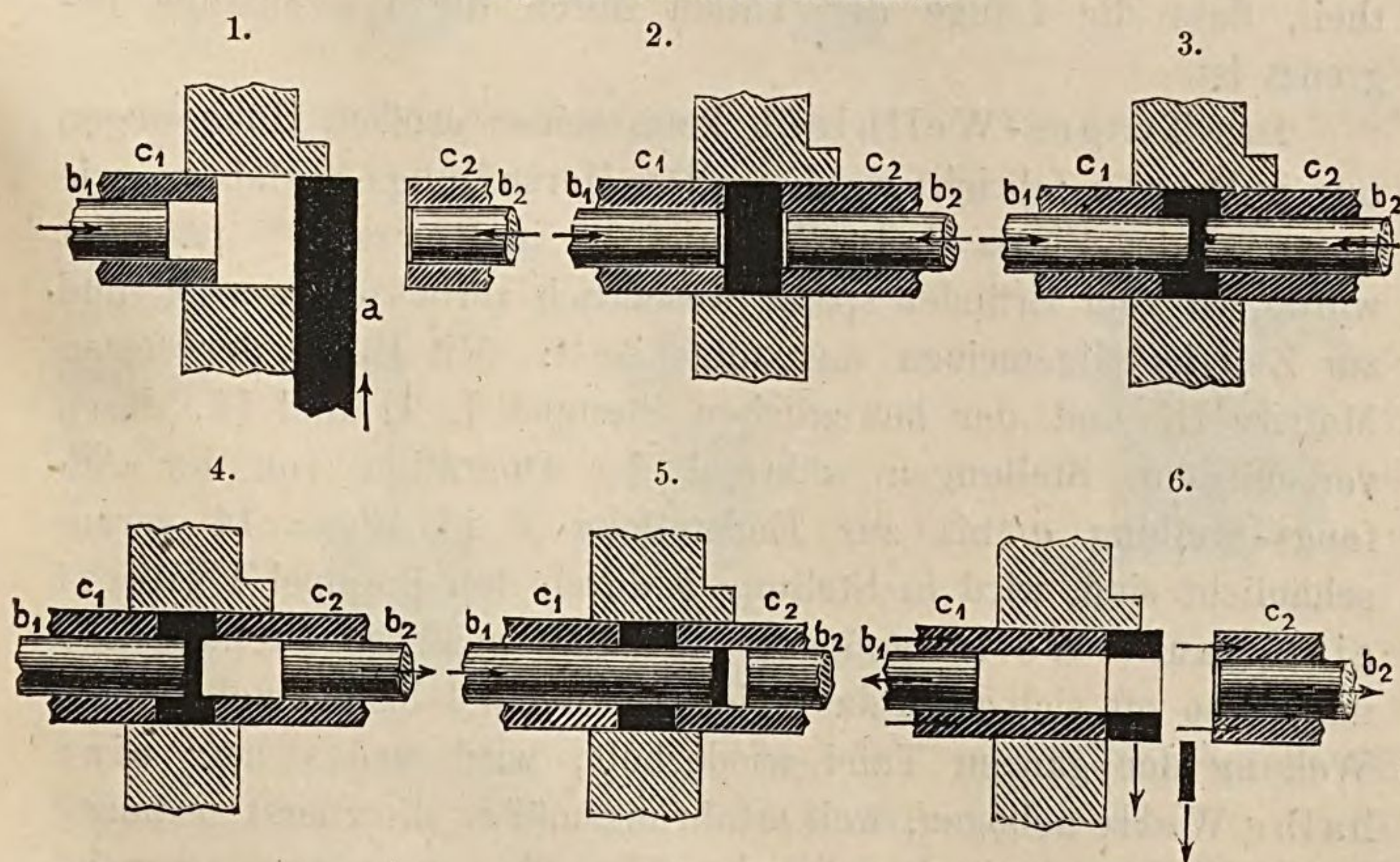


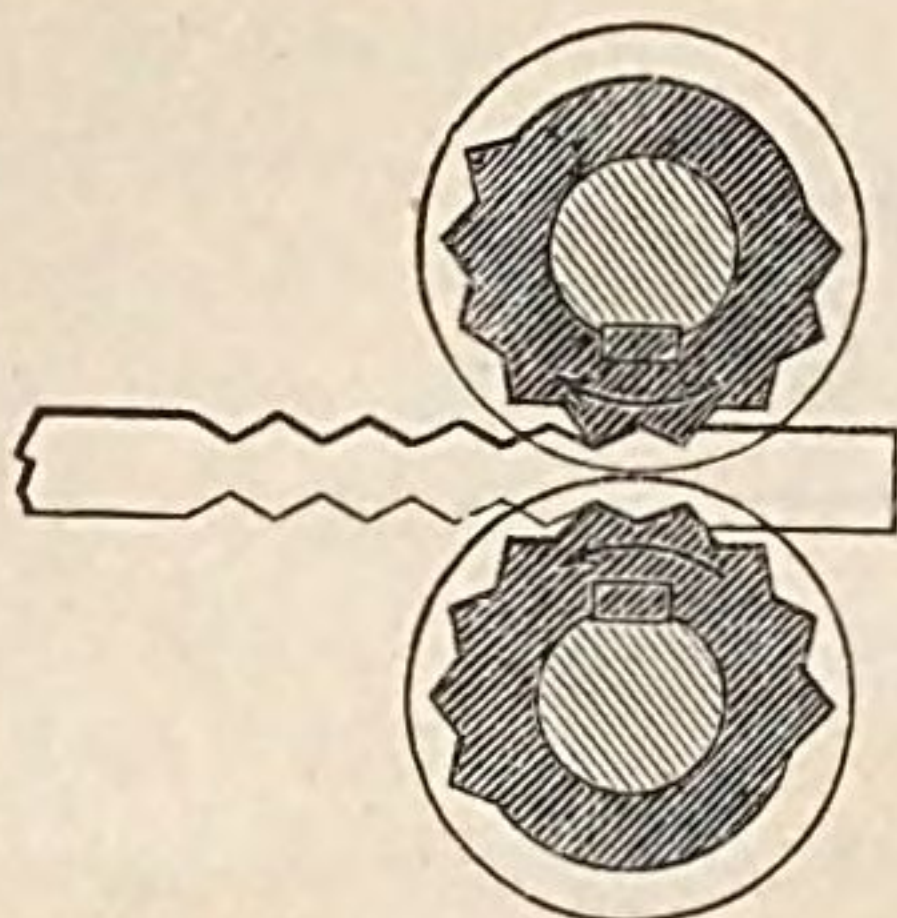
Fig. 13. Muttern-Fabrikation.



führt worden. Die Konstruktion derselben, die im wesentlichen darauf hinaus läuft, durch entsprechendes Formen vor dem Stanzen, den spätern Abfall zu verringern, ist aber kompliziert, so dass die Maschinen, welche an und für sich schon sehr teuer

sind, viel an Reparatur der Werkzeuge etc. kosten, wodurch der Vorthail des geringen Abfalls wieder aufgehoben wird. Fig. 13 zeigt die Werkzeuge einer solchen Mutter-Maschine und der Reihenfolge nach das Zusammenwirken derselben. Der Flachstab

Fig. 13 a.



wird zuerst durch entsprechend kalibrierte Walzen (Fig. 13 a) vorgeformt und gelangt dann in die Mutter-Maschine, wo 2 Matrizen c_1 und c_2 mit zugehörigen Stempeln b_1 und b_2 die Mutter vollends ausprägen. Die Stempel stauchen das Eisen im Mutter-Loche soweit wie möglich zusammen, so dass am Schlusse der ganzen Operation nur ein dünner Putzen als Abfall ver-

bleibt. Der an den Presseiten sowohl am Lochrande als auch an den Kanten entstehende Grat wird auf kleinen Frais-Maschinen nachträglich entfernt. —

e) Buckelplatten und Wellbleche. Die Buckelplatten werden aus den entsprechend zugeschnittenen, rothwarm gemachten Blechen — in der Regel unter Anwendung hydraulischen Druckes — durch Pressen geformt. — Das gewöhnliche Wellblech mit geringer Wellenhöhe wird in Pressen oder in kannelirten Walzen hergestellt. Letztere Methode hat den Nachtheil, dass die Länge der Tafeln durch die Walzenlänge begrenzt ist.

Das Träger-Wellblech kann seiner grossen Höhe wegen nur in Pressen fabrizirt werden. Das Herstellungs-Verfahren, wie es zuerst der Firma C. L. Wesenfeld in Barmen³⁶ patentirt wurde, ist vom Erfinder später wesentlich verbessert worden und zur Zeit im allgemeinen das folgende³⁷: Mit Hülfe der festen Matrize III und der beweglichen Stempel I, II und IV, deren verschiedene Stellungen während der Operation von der Anfangs-Stellung a bis zur Endstellung f in Figur 14 veranschaulicht sind, wird in Stellung b durch den Stempel I zuerst eine ganze Welle gebogen. In den späteren Stellungen c und d , so oft sich auch das Spiel der Stempel bis zur vollendeten Wellung der ganzen Tafel wiederholt, wird stets nur eine halbe Welle gebogen, weil erfahrungsmässig die zuerst gestanzte ganze Welle sich stark deformirt (Fig. 15), wenn man versucht, auch die zweite Welle mit einem Drucke ganz zu formen.

Von der Stellung a bis zur Stellung d werden auf diese

³⁶ D. R.-P. No. 2469 und No. 4279.

³⁷ D. R.-P. No. 2490.

Weise zwei ganze Wellen geformt und das Spiel zur Herstellung zweier neuer Wellen kann wieder beginnen, wenn, wie Stellung *e* und *f* andeuten, das Blech aus der Matrize gehoben und — um eine Welle vorgeschoben — in dieselbe wieder eingelegt worden ist.

Die Bewegung der Stempel II und IV ist sowohl eine vertikale, als auch gleichzeitig eine horizontale, damit die Stempel das Blech stets nur durch Biegung andrücken.³⁸

Fig. 14. (Verfahren von Wesenfeld.)

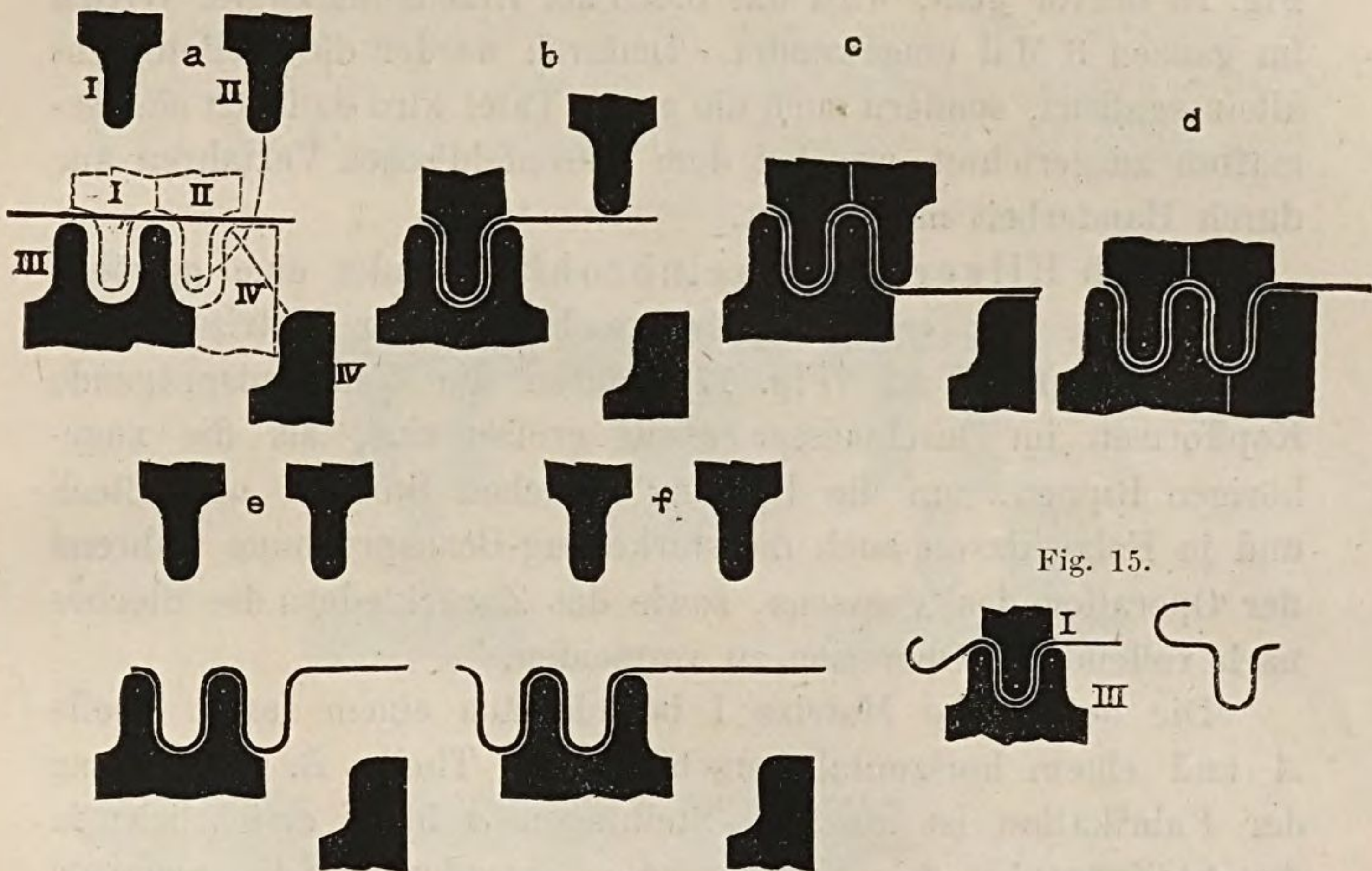


Fig. 16. (Verfahren von Kammerich.)

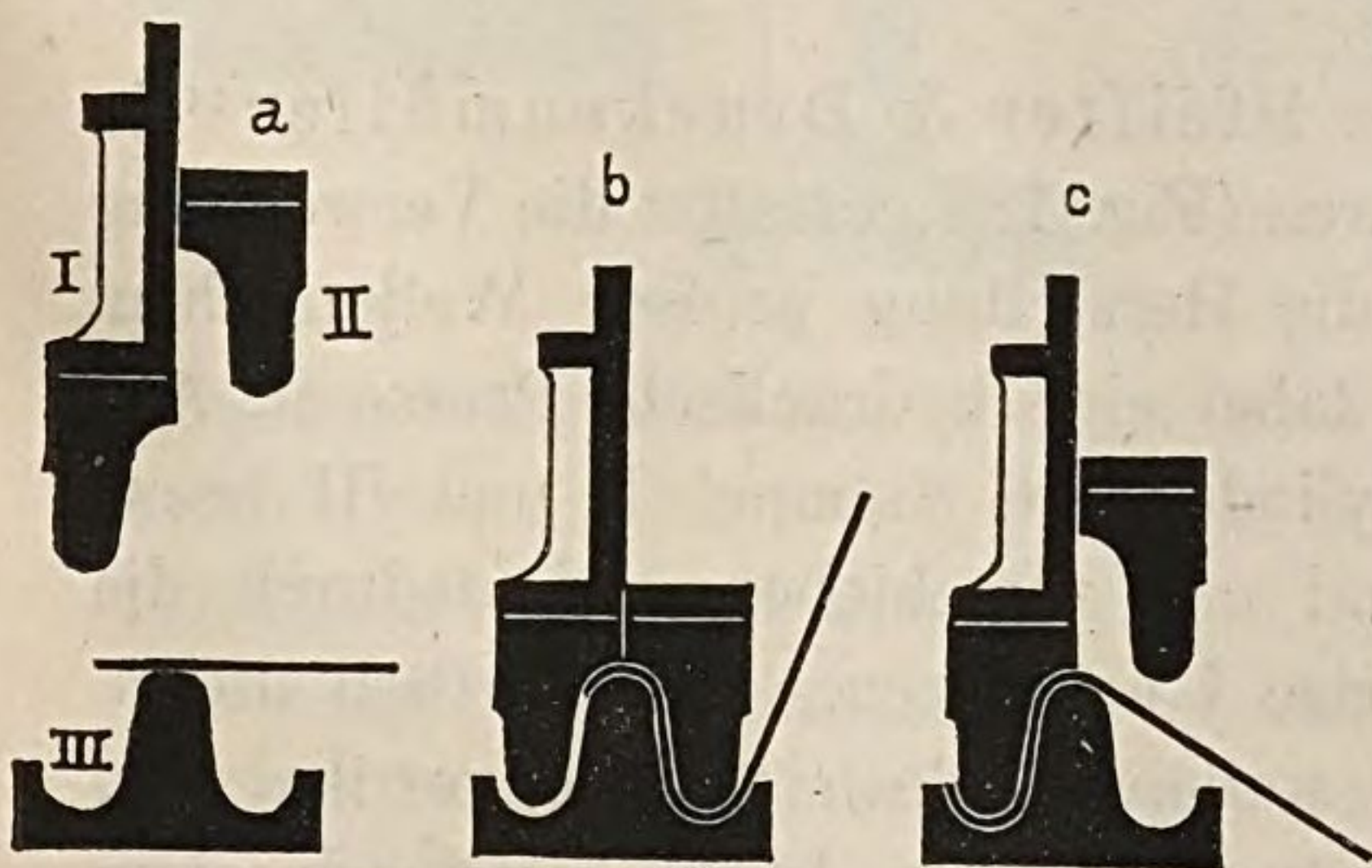


Fig. 15.

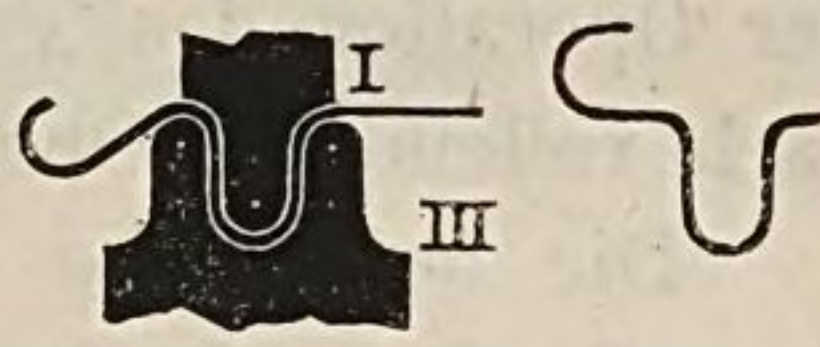
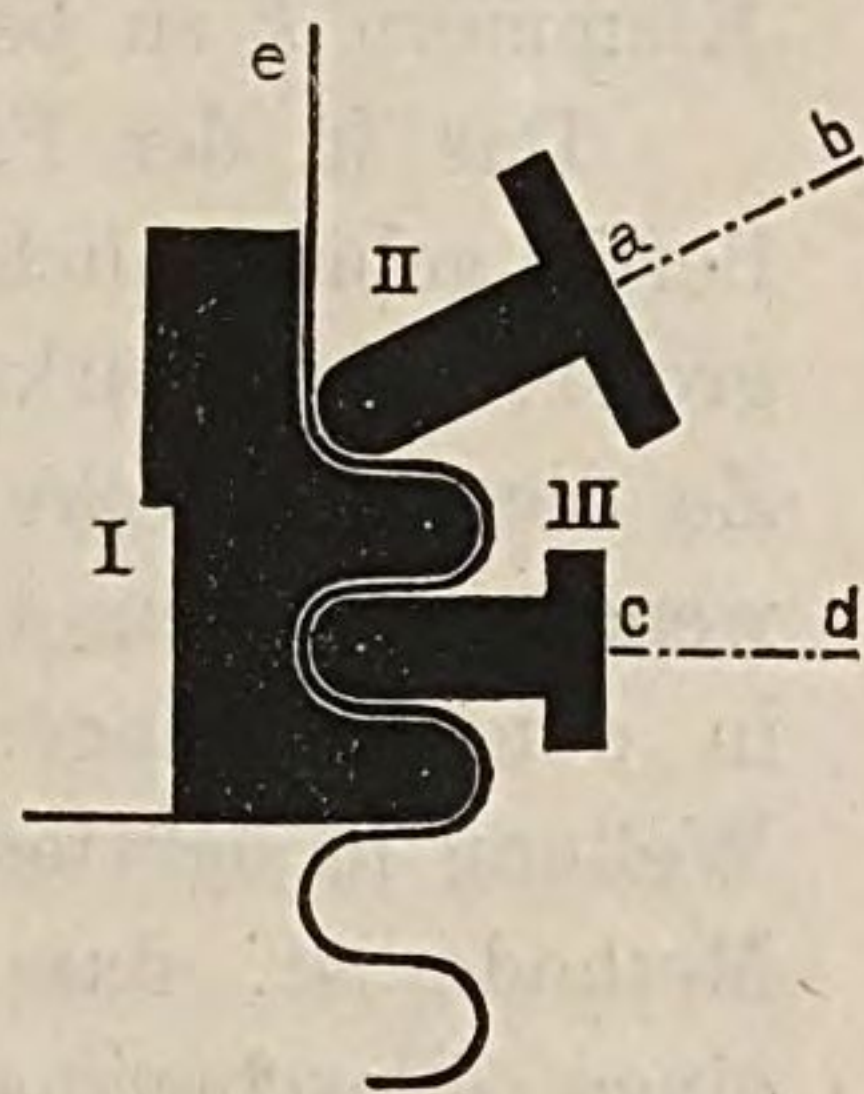


Fig. 18. (Verf. v. Pfeiffer.)



Das Wesenfeld'sche Verfahren, wie es in der Fabrik von Hein, Lehmann & Cie. hier zur Ausführung kommt, ist von der Firma A. Kammerich & Cie.³⁹ in Berlin etwas abgeändert

³⁸ Bei der ersten Einführung des Verfahrens bewegten sich die Stempel nur vertikal, wodurch das Blech in Folge des Herabziehens in die Form stark auf Zug in Anspruch genommen wurde.

³⁹ D. R.-P. No. 7533.

worden. In den Maschinen dieser Firma bewegen sich die Stempel nur vertikal und haben dabei eine Form, welche zwar eine grofse Beanspruchung des Bleches auf Zug nicht eintreten lässt, aber auch die direkte Herstellung vertikaler Stege nicht gestattet. Wenn letztere verlangt werden, muss das gewellte Blech noch eine besondere Presse durchlaufen, welche gleichzeitig das genaue Ausrichten besorgt. Bei der Operation der Wellung, deren Wesen aus den Haupt-Stellungen der Stempel I, II und Matrize III in Fig. 16 hervor geht, wird das Blech zur Erzeugung zweier Wellen im ganzen 3 Mal umgewendet. Dadurch werden die Wellen nicht allein egalisiert, sondern auch die ganze Tafel wird dadurch einigermaßen ausgerichtet, was bei dem Wesenfeld'schen Verfahren nur durch Handarbeit möglich ist.

Jakob Hilgers in Rheinbrohl⁴⁰ wendet eine gewöhnliche Presse mit vertikal aufwärts beweglicher Matrize I und festem Stempel II an (Fig. 17), deren die Welle ausprägende Kopfformen im Durchmesser etwas gröfser sind, als die zugehörigen Rippen, um die Reibung zwischen Stempel und Blech und in Folge davon auch die starke Zug-Beanspruchung während der Operation des Pressens, sowie das Zurückfedern des Bleches nach vollendeter Operation zu vermeiden.

Die bewegliche Matrize I besteht aus einem festen Theile *A* und einem horizontal verschiebbaren Theile *B*. Der Gang der Fabrikation ist aus den Stellungen *a* bis *f* ersichtlich; in den Stellungen *c*, *d*, *e* und *f* wird es erforderlich, die gepresste Welle bezw. an dem Stempel oder der Matrize durch seitliche Klammern *k* zu befestigen.

Das in der Fabrik von Pfeiffer & Druckenmüller⁴¹ in Berlin gebräuchliche Verfahren (Fig. 18) gestattet die Verwendung grofser Blechstärken und die Herstellung grofser Wellenhöhen. Zu diesem Zwecke kommt dabei eine hydraulische Presse in Anwendung, deren 4 Press-Zylinder die Stempel II und III bezw. in den Richtungen *a b* und *c d* verschieben und dadurch die Wellung in der festen Matrize I ausführen. Ein Vorthail dieser Methode ist, dass das zu wellende Blech über *e* vertikal (an einen Flaschenzug) aufgehängt werden kann, wodurch dem Arbeiter die Mühe der Handhabung der Tafeln sehr erleichtert wird.

Bei sämtlichen vorstehend beschriebenen Maschinen wird das Blech in der Regel nur kalt gepresst. Eine Biegung in warmem Zustande — namentlich von dünnen Blechen —

⁴⁰ D. R.-P. No. 4239.

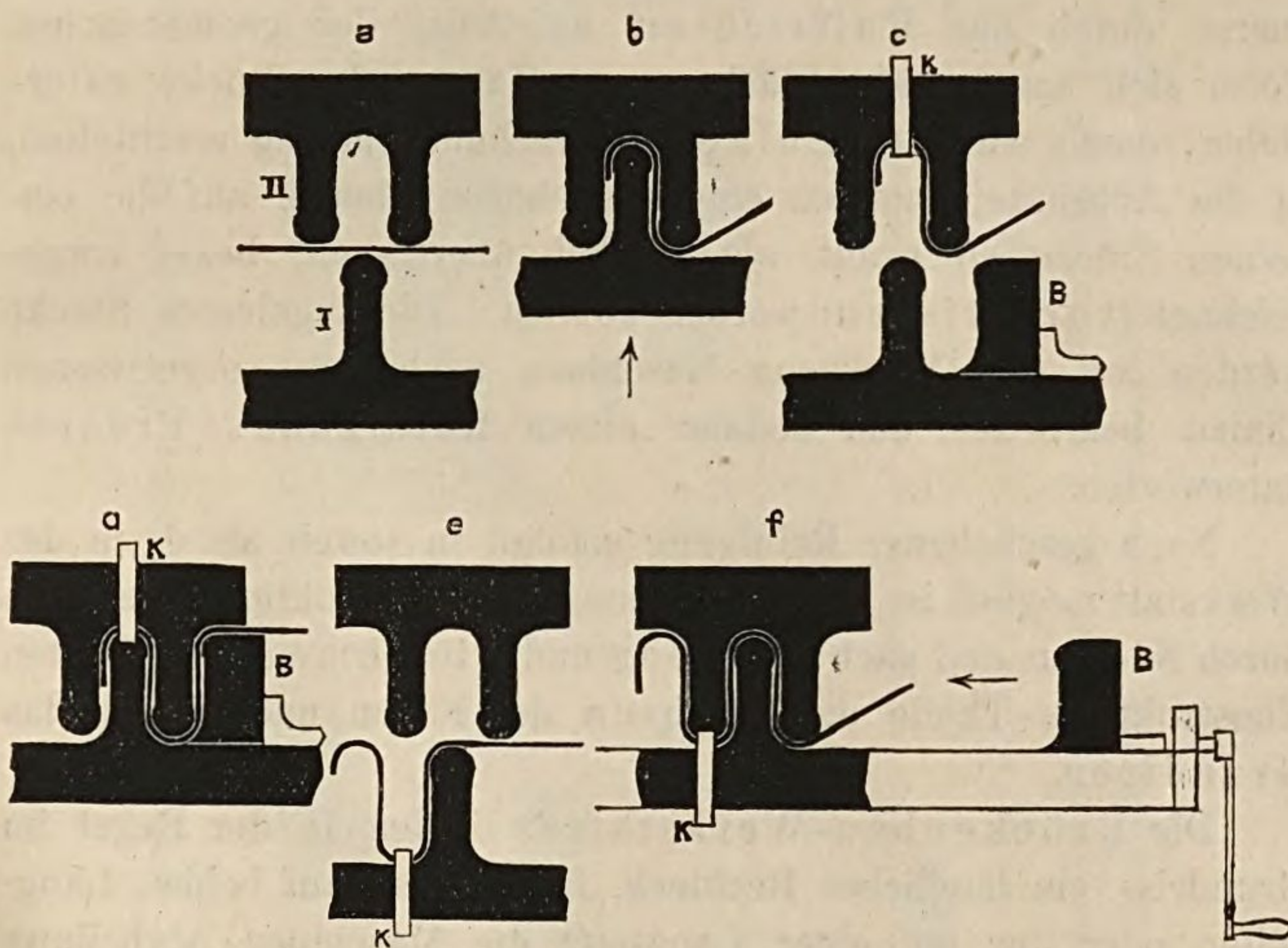
⁴¹ C. Pfeiffer's D. R.-P. No. 9844. Vergl. auch D. R.-P. No. 4238 von R. Simony, Berlin; hydr. Presse zur Anfertigung von Träger-Wellblechen.

ist dabei nicht angängig, weil das Blech wegen der langen Dauer der Wellung, namentlich in Folge des Aushebens und Weiter-schiebens bzw. Umwendens, zu oft von neuem zum Glühofen zurück gebracht werden müsste.

In der Fabrik von Bernhard & Co. in Berlin werden Bleche auch in warmem Zustande gewellt auf einer Maschine,⁴² in der nach einander so viele Stempel auf und nieder bewegt werden, dass sämtliche Wellungen einer Tafel in sehr kurzer Zeit in einer Operation fertig werden. —

Der Vollständigkeit halber möge noch ein Verfahren Erwähnung finden, bei welchem, um die gleitende Reibung zwischen Blech und Stempel während des Pressens in rollende umzu-

Fig. 17. (Verfahren von Hilgers.)



wandeln, die Köpfe der Stempel als drehbar gelagerte Stahlwalzen ausgebildet sind.⁴³ Der Erfinder will dadurch die Zug-Beanspruchung des Bleches vermindern.

Verfasser ist schliesslich der Meinung, dass die Furcht vor zu grosser Festigkeits-Verminderung der Bleche beim Pressen von Träger-Wellblechen nach dem heutigen Stande der Fabrikation im allgemeinen eine übertriebene ist. Ein Blech, welches die durch die Herstellungsweise bedingte Beanspruchung ausgehalten hat, ohne äussere Fehler zu zeigen, ist von guter Qualität; nachträgliche Festigkeits-Proben erscheinen unnöthig. —

⁴² Max Seipp's D. R.-P. No. 7802.

⁴³ Paul Schröter in Neuwald, D. R.-P. No. 8836.

II. Die Arbeiten in der Werkstatt.*

Der Fabrikant, dem die Herstellung einer Eisenkonstruktion obliegt, lässt behufs Beschaffung des geeigneten Materials, weil die ihm von der Bau-Verwaltung übergebenen Projekt-Zeichnungen und Gewichts-Berechnungen in der Regel nicht detaillirt genug sind, zunächst die Werk- oder Arbeitszeichnungen und Material-Verzeichnisse (Material-Listen) anfertigen. Sobald dann das beschaffte Material die vorschriftsmässige Prüfung bestanden hat, wird mit den eigentlichen Werkstatts-Arbeiten, d. h. der Bearbeitung und Verbindung der Konstruktions-Elemente (Verbindungsstücke und Verbindungsmittel) der Anfang gemacht.

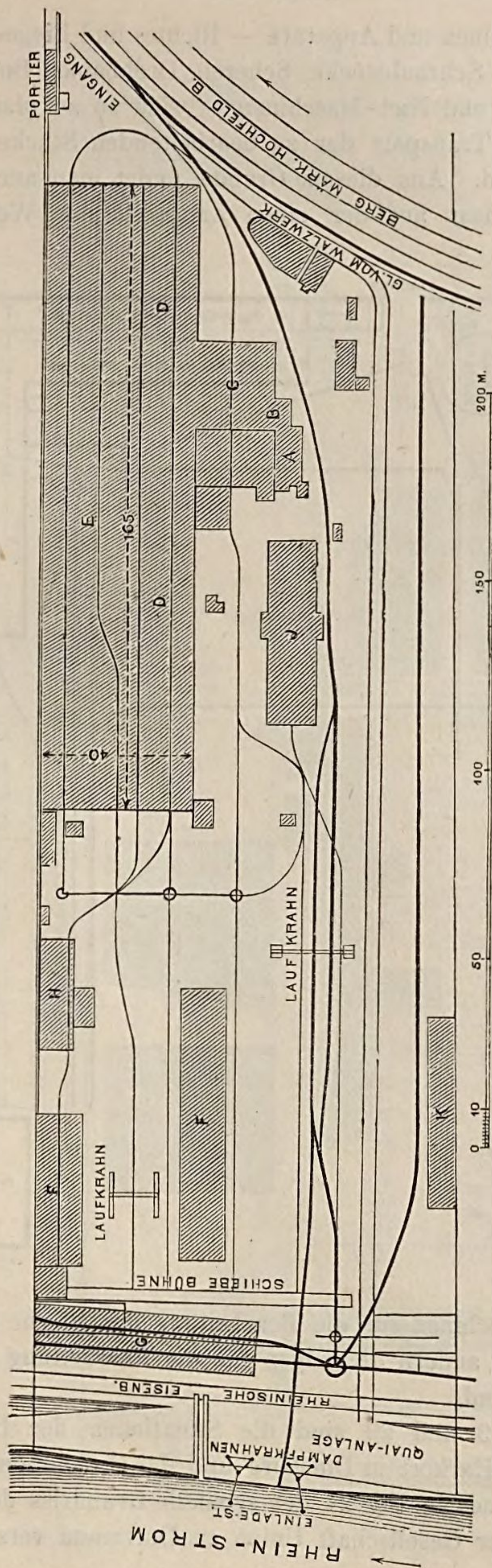
Bei der Bearbeitung der Konstruktions-Elemente sucht man zuerst durch das Kaltrichten möglichst der geometrischen Form sich annähernde Flächen und Kanten der Stücke zu erzielen, damit auf der Zulage die rechnermässig ermittelten, in die Arbeitszeichnungen eingeschriebenen Maasse auf die einzelnen Stücke so exakt wie möglich übertragen, bzw. vorgezeichnet (vorgerissen) werden können. Die zugelegten Stücke werden auf den Werkzeug-Maschinen nach den vorgerissenen Linien bearbeitet und sodann einem Reinigungs-Prozess unterworfen.

Nach geschehener Reinigung erfolgt, in soweit als es in der Werkstatt möglich ist, die Verbindung der Konstruktions-Elemente durch Nieten und nach Revision und Abnahme der genieteten Konstruktions-Theile das Dichten der Fugen und endlich das Grundiren.

Die Brückenbau-Werkstätten bilden in der Regel im Grundriss ein längliches Rechteck, in welchem auf beiden Langseiten oder nur auf einer Langseite die Maschinen-Abtheilung und in dem verbleibenden Raum die Zulage-Abtheilung etablirt sind. Die Verbindung beider Abtheilungen mit den Magazin-Räumen und den ausserhalb des Gebäudes liegenden Lager-, Montirungs- und Verladeplätzen etc. wird durch normal- und schmal-spurige Transport-Gleise (Gruben-Gleise), unter Zuhilfenahme von Drehscheiben, Weichen oder Schiebebühnen bewerkstelligt.

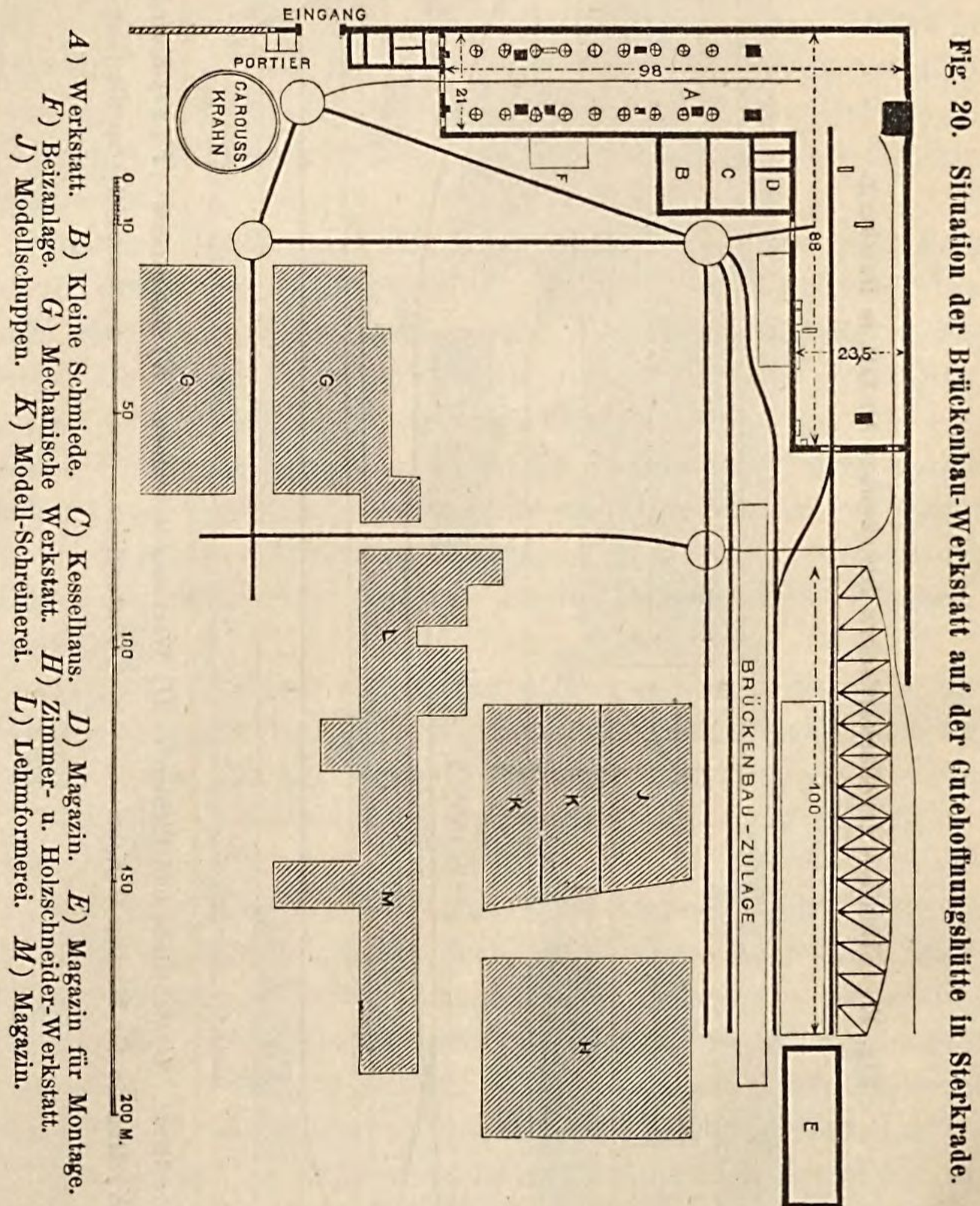
* Das Material für die vorliegenden Notizen sammelte Verfasser zum grössten Theile auf einer zu diesem Zwecke im Jahre 1880 unternommenen Studienreise. Eine spezielle Litteratur über die Arbeiten in der Werkstatt existirt nicht. Einige wenige Notizen sind aus den Werken: *Girder-making and the Practice of Bridge Building in Wrought Iron. By Edward Hutchinson, 1879*, und „Die Rheinbrücke bei Germersheim, mit besonderer Berücksichtigung der pneumatischen Fundirung der Strompfeiler und des eisernen Oberbaues von W. Schleicher und J. Trau. 1880“ entnommen.

Fig. 19. Situation der Harkort'schen Brückenbau-Anstalt in Duisburg.



A) Kesselhaus. B) Maschinen-Raum. C) Schmiede und Richterei. D) Werkzeug-Maschinen. E) Zulageraum. F) Schlosserei. G) Lackirschuppen. H) Beizerei. J) Bureau. K) Magazin für Montage-Geräthe. — Grubengleise. — Anschlussgleise an die Berg.-Märk. u. Rh. Eisenb.

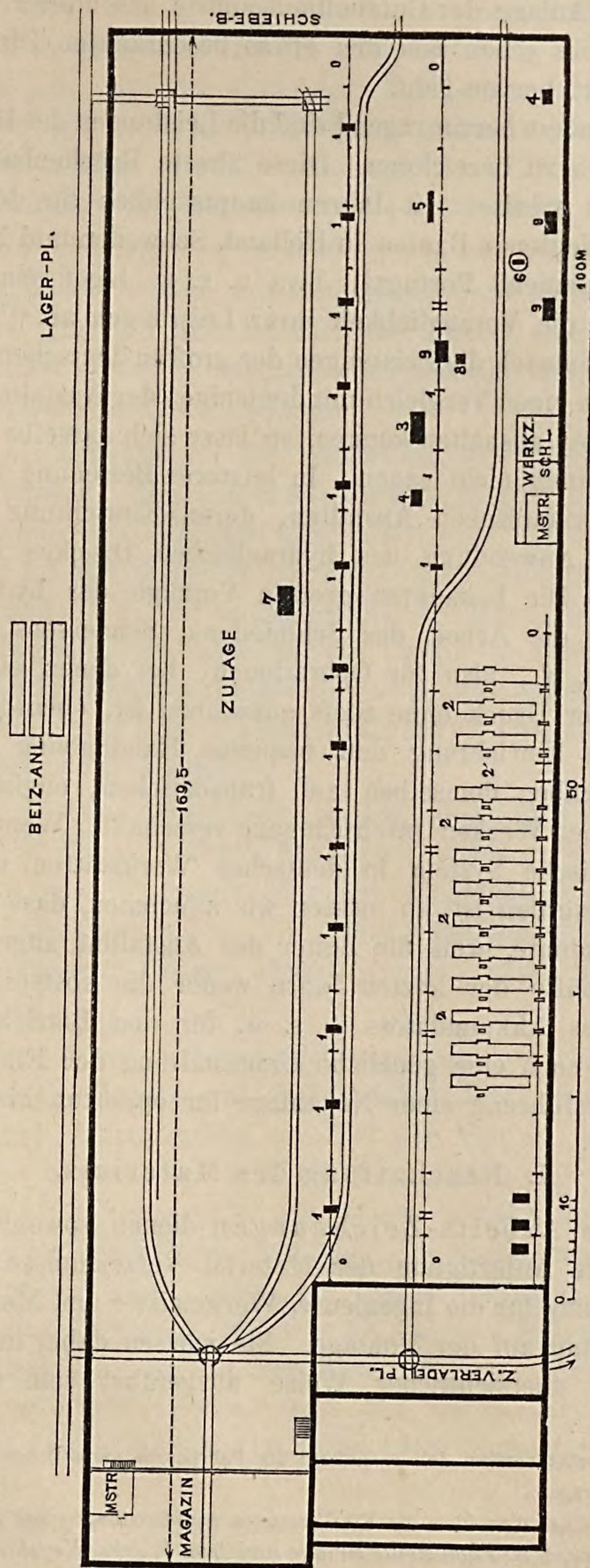
Die Maschinen und Apparate — Richte- und Biege-Maschinen, Schmiedefeuer, Schraubstöcke, Scheren, Drehbänke, Bohr-, Hobel-, Frais-, Loch- und Niet-Maschinen — sind so zu plaziren, dass jeder unnütze Transport der zu bearbeitenden Stücke möglichst vermieden wird. Aus diesem Grunde findet man auch wohl die Einrichtung, dass auf der einen Langseite der Werkstatt die



Werkzeug-Maschinen für die Bearbeitung der Bleche und Flacheisen, auf der andern diejenigen für die Bearbeitung der Façoneisen situirt sind.

In Fig. 19 und 20 sind die Situationen der Brückenbau-Anstalten von Harkort in Duisburg und der Gutehoffnungshütte in Sterkrade, ferner in Fig. 21 der spezielle Grundriss der Brückenbau-Anstalt der Gesellschaft Union zu Dortmund verzeichnet.

Fig. 21. Brückenbau-Werkstatt der „Union“ zu Dortmund.



- 0) Transmissionen. 1) Bohrmaschinen. 2) Hobelmaschinen. 3) Kopf-Hobelmaschine. 4) Fraismaschine. 5) Drehbank. 6) Kröppresse. 7) Scher- u. Lochpresse. 8) Richtplatte. 9) Schmiedefeuer.

Die Anlagen in Duisburg und Dortmund sind neueren Datums, während die Anlage der Gutehoffnungshütte aus älterer Zeit herrührt, wie dies schon aus den etwas beschränkten Dimensionen der Werkstatt hervor geht.

Als besonders hervor ragend sind die Leistungen des Harkortschen Werkes zu bezeichnen. Diese älteste Brückenbau-Anstalt Deutschlands arbeitet seit Jahren hauptsächlich für den Export und viele bedeutende Bauten in Holland, Schweden und Norwegen, Russland, Spanien, Portugal, Java u. s. w. legen ein beredtes Zeugniß für die Vorzüglichkeit ihrer Leistungen ab.⁴⁴

Wenn demnach die Leistungen der großen deutschen Brückenbau-Anstalten einen Vergleich mit denjenigen der Anstalten anderer Länder getrost aushalten können, so läßt sich dasselbe bezüglich ihrer Einrichtung nicht sagen. In letzterer Beziehung stehen die großen amerikanischen Anstalten, deren Einrichtung auf eine ausgedehnte Anwendung des hydraulischen Druckes basirt ist, oben an.⁴⁵ Die bekannten großen Vorzüge des hydraulischen Systems für die Arbeit des Schmiedens, Schneidens, Lochens, Nietens u. s. w., also für Operationen, bei denen ein starker, gleichmäßiger Druck ohne Stoß auszuüben ist, ebenso wie auch die einfache Einrichtung und bequeme Handhabung der betr. Maschinen haben demselben auf französischen, englischen und amerikanischen Werken rasch Eingang verschafft. Wenn trotzdem das hydraulische System in deutschen Werkstätten noch nicht heimisch geworden ist, so müssen wir annehmen, dass dies nicht geschehen konnte, weil die Leiter der Anstalten angesichts der flauen Geschäfte der letzten Jahre weder die kostspielige erste Anlage eines Akkumulators u. s. w. für den Betrieb einzelner Maschinen, noch eine gänzliche Umgestaltung der Einrichtungen oder die Ausführung einer Neuanlage für opportun hielten.

1. Beschaffung des Materials.

a) Die Arbeits-Zeichnungen dienen sowohl als Unterlage für die Anfertigung der Material-Verzeichnisse, als auch zur Orientirung für die Ingenieure, Werkmeister und Meister in der Werkstatt und auf der Montage. Sie müssen daher in leicht verständlicher, übersichtlicher Weise ausgeführt sein und aufser

⁴⁴ Im Herbst vorigen Jahres lieferte die Fabrik die erste Brücke für Central-Amerika (Nicaragua).

⁴⁵ Nähere Angaben über die Einrichtungen und Leistungen der großen amerikanischen Werke, z. B. *Phoenixville Bridge and Iron Works*, *Keystone Bridge Co.*, *Edge Moor Iron Company*, *American Bridge Co. etc.* siehe in den schon genannten Arbeiten von Steiner, Wencelides und Gleim.

den nothwendigen Maassen für jedes Stück der Konstruktion auch noch alle Hauptmaasse der Konstruktions-Abtheilungen enthalten, so dass man im Stande ist, aus der Darstellung die Dimensionen und Lage jedes Stückes, sowie alle Niettheilungen zu entnehmen und außerdem noch die Möglichkeit geboten bleibt, die entnommenen Maasse durch Summirung von Einzelmaassen oder durch Theilung von Hauptmaassen zu kontrolliren.

Die Darstellungsweise bei Anfertigung der Arbeits-Zeichnungen ist, je nach der Ansicht und dem Geschmack des ausführenden Ingenieurs und den Gewohnheiten der Fabrik eine verschiedene, jedoch haben gewisse Vorschriften für dieselbe mit der Zeit ziemlich allgemeine Gültigkeit erlangt.

Der Maassstab für die Darstellung der Ansichten, Schnitte und Grundrisse, der Gesamt-Konstruktionen oder einzelner Abtheilungen eines Trägers wird selten kleiner als 1 : 25 (in der Regel 1 : 20) und derjenige für die Details bei kleineren Brücken in der Regel 1 : 5, bei gröfseren Brücken aber nicht kleiner als 1 : 10 gewählt. Das Zeichnen von Details in natürlicher Gröfse (Schablonisiren) wird wenig geübt, da die Uebertragung der Maasse meistens bequemer beim Zulegen direkt auf die eisernen Schablonen-Stücke geschehen kann.⁴⁶

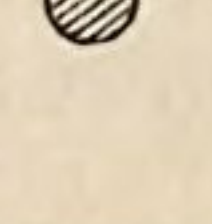
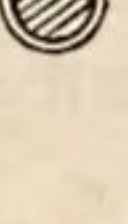
Die Arbeits-Zeichnungen sollen auch über alle Fragen, betr. die Stärke und Form der Niete, sowie auch darüber, ob dieselbe in der Werkstatt oder auf Montage zu schlagen sind u. s. w. Aufschluss geben. In jedem Etablissement erfolgt die Veranschaulichung dieser Detail-Fragen nach fest stehenden Vorschriften.

In der Regel unterscheidet man die verschiedenen Nietstärken durch Farben und deutet dabei durch das volle Anlegen eines Querschnittes an, dass der Niet in der Werkstatt zu schlagen ist, während man die Querschnitte aller auf Montage zu schlagenden Niete nicht voll anlegt, sondern nur mit einem konzentrischen Kreise von entsprechender Farbe umzieht. Ferner ist noch zu erwähnen, dass ein blofser farbiger Kreis ein auf Montage zu bohrendes Loch andeutet und dass diejenigen Flächen eines Gusstückes, welche bearbeitet werden müssen, dadurch kenntlich gemacht werden, dass man sie in der Querschnitts-Darstellung durch eine starke rothe Linie einfasst.

⁴⁶ Das Zeichnen von Knotenpunkten auf Pappdeckel in natürl. Gröfse geschieht hin und wieder, wenn die vom Besteller gelieferten Projekt-Zeichnungen verhältnissmässig gut sind, jedoch nicht so gut, dass sie direkt als Werk-Zeichnungen benutzt werden können. Diese Pappdeckel dienen dann gleich als Schablone für die Werkstatt.

Die nachstehende, ohne die Farben wiedergegebenen Niet-Signatur ist seit langer Zeit für die Werkzeichnungen in der Brückenbau-Anstalt der Gutehoffnungshütte in Gebrauch.

Niet-Signatur für die Werkzeichnungen der Gutehoffnungshütte.

Niet von § 26 mm		Querschnitt: nicht angelegt.		Schrauben. (Kreuz in rother Farbe.)
23 mm		blaue Farbe.		Niet: halbversenkt: (der konzentrische Kreis in blauer Farbe.)
20 mm		gelbe Farbe.		ganz versenkt: (die beiden konzentrischen Kreise in blauer Farbe.)
16 mm		rothe Farbe.		mit einem halb versenkten Kopfe: (die beiden konzentrischen Kreisstücke in blauer Farbe.)
13 mm		neutrale Farbe.		mit einem ganz versenkten Kopfe: (die 4 Stücke der beiden konzentrischen Kreise in blauer Farbe.)
10 mm		grüne Farbe.		auf Montage zu schlagen: (konzentr. Kreis in rother Farbe.)

Danach würde z. B. ein gelb angelegter Querschnitt mit einem rothen konzentrischen Kreise einen 20 mm starken, auf Montage zu schlagenden Niet bedeuten.

Erwähnenswerth ist noch eine in derselben Fabrik zur Vereinfachung der Darstellung der Arbeits-Zeichnungen geübte Manier welche darin besteht, dass in jeder Figur (Schnitt, Ansicht oder Grundriss) alle diejenigen Theile, welche in einer anderen Figur spezieller zum Ausdruck kommen, mit einer besonderen Farbe nur schematisch angedeutet sind. Z. B. deutet man in einer Figur, welche einen Querträger speziell darstellen soll, die anschließenden Hauptträger und Zwischenträger nur in gelbrother Farbe an, während umgekehrt in der speziell einen Hauptträger erläutern- den Figur die zu den Quer- und Zwischenträgern gehörenden Theile mit gelbrother Farbe kenntlich gemacht werden.

Gleichzeitig mit den Arbeits-Zeichnungen erhält in der Regel der Ingenieur oder Werkmeister auch eine Arbeitsliste (vergl. das nachstehende Formular) in welcher alle diejenigen Konstruktions- theile zusammen gestellt sind, welche speziell unter seiner Leitung bzw. Aufsicht herzustellen sind.

b) Die Material-Verzeichnisse werden in Ueberein- stimmung mit den Arbeits-Zeichnungen aufgestellt und zwar ist ein Verzeichniss für die Verbindungs-Stücke und ein zweites

für die Verbindungs-Mittel (Nieten, Schrauben und Futterringe) erforderlich.

Die auf den folgenden Seiten mitgetheilten Beispiele für diese Verzeichnisse (Listen) geben über Anordnung und Ausführung der Formulare Aufschluss. Dabei ist zu bemerken, dass alle Stücke von den nämlichen Dimensionen — deren Vertauschung vor der Bearbeitung also keinen Nachtheil bringen kann — unter einer und derselben Positions-Nummer und die gesammte Lieferung (oder bestimmte Gruppen von Pos.-Nummern) außerdem noch unter irgend einem Zeichen (z. B. wie umstehend **AL**) rangiren. Auf der Hütte wird jedes zu liefernde Stück an einem Ende mit dem Zeichen und seiner Positions-Nummer in Oelfarbe beschrieben, wodurch eine Kontrolle für Materialien-Verwaltung und Werkstatt ermöglicht und verhütet wird, dass die Stücke zu einer anderen Brücke oder einem anderen Brücken-Konstruktions-theil Verwendung finden, als von vorn herein in Aussicht genommen war.

Da die Brückenbau-Anstalten in ihrem internen Geschäfts-Verkehr jedes auszuführende Objekt unter einer Kommissions-Nummer führen, so kann diese Nummer auch an Stelle des Zeichens treten. In dieser Weise wird auf dem Harkort'schen Werke die Kontrolle geübt und die Kommissions- und Positions-Nummer zu diesem Zwecke daselbst auf einem Ende eines jeden Sütckes eingestempelt.

Die für die unbearbeiteten Stücke geltenden Maafse sind aus den verzeichneten Dimensionen der bearbeiteten Stücke in jedem einzelnen Falle mit Berücksichtigung der für Kröpfungen, Biegungen, Enden-Bearbeitung u. s. w. hinzu zu rechnenden Längen bezw. Breiten zu bestimmen.

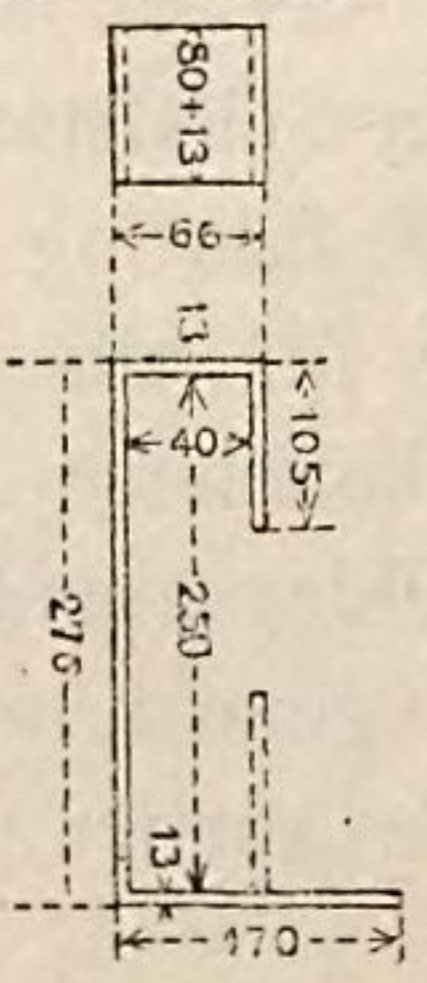
Für das Zusammenstoßen von Façon-Eisen ist mindestens eine Längen-Zugabe von 5 mm zu rechnen. Bei Blechen, deren Kanten auf der Hütte selten ganz gerade und die auch nicht genau rechtwinklig beschnitten werden, muss man je nach Umständen eine gröfsere Zugabe in Länge und Breite ansetzen.

Die in der Nietliste angegebenen Schaftlängen berechnet jede Anstalt nach eigenen, durch die Erfahrung fest gestellten Tabellen — Niet-Tabellen — welche für alle vorkommenden Niet- und Eisenstärken den für die vollkommene Ausbildung des Schließkopfes erforderlichen Längen-Zuschlag angeben. Die nach den Angaben der Nietliste auf der Hütte gefertigten Verbindungs-Mittel werden dort nach Länge und Stärke sortirt und in Fässern verpackt versendet. —

Arbeits-Liste zur Kommission No. 14502.
 Blechwandrücke von 10 m Stützweite. *Fahrbahn „unten“, Loos XVII.*

Dem Vorsteher der übergeben am
 Abzuliefern am Abgeliefert am

No. der Zeichnung.	Stückzahl.	G e g e n s t a n d.	Stück- No.	G e w i c h t		Material.	B e m e r k u n g e n.
				roh.	bearbeitet.		
1	2	Stück Hauptträger nach Zeichnung Bl. 1					
2	1	Endquerträger wie gez. St. No. 1, nach Horizontalschnitt A mit Anschlussplatte AL 25, wobei Niete „a“ nicht versenkt werden	1				
2	2	mittlerer Querträger, wie gez. St. No. 1, nach Horizontalschnitt A ohne Anschlussplatte AL 25, wobei Niete „a“ versenkt werden					
2	1	mittlerer Querträger, wie gez. St. No. 1, nach Horizontalschnitt B (schwarze Masse)					
	1	do. do. (rothe Masse)					
	1	Endquerträger, wie gez. St. No. 1, nach Horizontalschnitt C .					
	10	Schienenträger, wie gez. St. No. 2	2				
	4	Flacheisen zum Horizontalverband	3				
	2	do.	4				
	2	gebogene Flacheisen zum Aufhängen der Windstreben an die Querträger	5				



2. Die Prüfung des Materials.

Bei Besprechung der Qualität von Flusseisen und Schweißeisen⁴⁷ ist bereits auf den Uebelstand hingewiesen worden, dass in den speziellen Bedingungen der Bau-Verwaltungen für die Herstellung von Eisen-Konstruktionen die verschiedenartigsten, oft sich widersprechenden Vorschriften Aufnahme finden. Gleichzeitig aber wurde auch der neueren Bestrebungen Erwähnung gethan, welche darauf ausgehen, die Einführung allgemein anerkannter Klassifikations- bzw. Prüfungs-Bedingungen für Eisen und Stahl zu ermöglichen.

Die neueste, bemerkenswerthe Kundgebung in dieser Hinsicht, welche speziell auch die Prüfung des Konstruktions-Materials für Brücken u. dergl. in den Kreis ihrer Betrachtung gezogen hat, ist ein Gutachten des Vereins deutscher Eisenhüttenleute. Die in demselben enthaltenen Vorschläge sind in der nachfolgenden Zusammenstellung der wichtigsten Prüfungs-Bedingungen berücksichtigt worden.

a) Eintheilung der Proben. Die äußere und innere Beschaffenheit des Materials, d. h. das Produkt seiner mechanischen, physischen und chemischen Eigenschaften, lässt sich durch Besichtigungs-Proben, Festigkeits-Proben und chemische Proben (Analysen) kontroliren. Der Bautechniker hat sich direkt nur mit den Besichtigungs- und Festigkeits-Proben zu befassen, während die Vornahme chemischer Analysen eine interne Angelegenheit des Hüttentechnikers bleiben kann, dem dadurch ein vorzügliches Mittel an die Hand gegeben ist, den ursächlichen Zusammenhang der chemischen Mischung mit der Qualität zu ergründen.

Durch die Besichtigungs-Proben soll konstatirt werden, ob auf den Oberflächen des zu prüfenden Stückes Fabrikations-Fehler zu bemerken sind oder ob die Textur desselben das vorschriftsmäßige (körnige oder sehnige) Gefüge u. s. w. zeigt.

Die Festigkeits-Proben kann man am einfachsten in Zerreiß-Proben und Bruch-Proben eintheilen. Bei den Zerreiß-Proben will man die Größe der reinen Zugfestigkeit und außerdem die damit im Zusammenhang stehenden Größen der Kontraktion und Dehnung fest stellen, während man bei den Bruch-Proben — die in Biege-, Ausbreit-, Stauch- und Schlag-Proben zerfallen — aus den Umständen, unter denen dabei ein Bruch im Material eintritt, auf die Festigkeit desselben

⁴⁷ Vergl. S. 30.

im allgemeinen, im besondern aber auf seine Neigung zum Kaltbruch oder Rothbruch einen Schluss ziehen will.

Man unterscheidet ferner Ganz-Proben und Theil-Proben, je nachdem mit ungetheilten (ganzen) Gebrauchsstücken oder mit abgetrennten Versuchsstücken operirt wird, und endlich Kalt-Proben und Warm-Proben. Warm-Proben brauchen im allgemeinen nur mit solchen Stücken vorgenommen zu werden, bei denen eine spätere Bearbeitung im warmen Zustande vorausgesetzt werden kann.

b) Bearbeitung und Form der Versuchsstücke. Die Entnahme der für Theil-Proben zu benutzenden Versuchsstücke aus dem ganzen Stücke soll auf kaltem Wege mit der größten Sorgfalt auf exakt arbeitenden Werkzeug-Maschinen, ausschließlich durch Bohren, Hobeln oder Feilen unter Ausschluss der Anwendung von Hammer, Meißel oder Schere erfolgen, weil letztere Werkzeuge das Material an den Kanten zerstören und dadurch unsichere Prüfungs-Resultate hervor rufen. Das Geraderichten des entnommenen Stückes soll, falls es erforderlich ist, im warmen Zustande durch Hammerschläge oder auf einer Presse geschehen, wobei die Erwärmung, sowie auch die nachherige Abkühlung desselben in einem mäßig erhitzten Flammofen ganz allmählich vor sich gehen muss. Die Kanten des Versuchsstückes sind vorsichtig und sauber durch Feilen abzurunden, weil die Erfahrung gelehrt hat, dass zu große Schärfe derselben sowohl bei Zerreiß-Proben als namentlich auch bei Bruch-Proben leicht unregelmäßige Spannungen in der Nähe der Kanten verursacht.

Die gebräuchlichsten Formen von Versuchsstücken sind nachstehend zusammen gestellt. Für Zerreiß-Proben und für Schmiedeisen haben dieselben gewöhnlich einen Querschnitt von 300 — 500 qmm, wobei die behufs exakter Messung der Dehnung erforderliche mittlere Länge mindestens 200 mm beträgt. Für Stahl-Proben genügt ein Querschnitt von 150 — 250 qmm.

Die Stärke der flachen Versuchsstücke darf aber im allgemeinen das Maass von 16—20 mm nicht überschreiten, weil die Klassifikations-Normen für diese Stärken aufgestellt werden und ferner erfahrungsmäßig die Festigkeit mit zunehmender Dicke der Versuchsstücke abnimmt. Werden daher Material-Proben von dickeren Stäben verlangt, so ist das betr. Versuchsstück durch Walzen oder Schmieden auf die Stärke von höchstens 16—20 mm zu bringen.⁴⁸

⁴⁸ Bei Prüfung der Zugfestigkeit von Flacheisen wird es sich in manchen Fällen empfehlen, die Kanten des Versuchsstückes gar nicht zu bearbeiten, da die Festigkeit der äußeren Haut der Kanten — ebenso wie diejenige der Oberfläche von Drähten — größer ist, als die Festigkeit des Innern.

Formen der Versuchsstücke des Harkort'schen Werkes.

No.		Bemerkungen.	
1.		max. $b \times d$ für:	
		Schweifs-	Flusstahl
		eisen	
		500 qmm	250 qmm
2.		300 „	150 „
3.		300 „	150 „
4.		No. 4, 5 und 6 für Stahl und Eisen. No. 5 und 6 für Stahl.	
5 u. 6.			
7.		für Stahl und Eisen.	
8 u. 9.		Für Versuche auf Scher- festigkeit. No. 8 für Eisen, No. 9 für Stahl; d u. l beliebig.	

Die zu den Bruch-Proben benutzten Längsstreifen sind gewöhnlich 30—50 mm breit und die Längskanten derselben sorgfältig mit der Feile abgerundet.

c) Bei den Besichtigungs-Proben — die am Fabrikations-Orte oder auch am Lieferungs-Orte vorgenommen werden — muss das Walzeisen gut ausgerichtet, mit glatter Oberfläche, eben, ohne Blasen oder Beulen, eingewalzte Schlacken, kurz ohne alle diejenigen Schweifs- und Walz-Fehler befunden werden, welche bei Beschreibung der Arbeiten in der Hütte spezieller charakterisirt worden sind. Dabei können solche kleinen Fehler in den Kanten der Bleche und Flacheisen, welche beim Beschneiden auf genaue Dimensionen fortfallen, unberücksichtigt bleiben.

Ferner dürfen die Dimensionen und das Gewicht der angelieferten Stücke keine größeren Abweichungen von den verlangten Dimensionen, bezw. den aus letztern durch Rechnung ermittelten Gewichten aufweisen, als in den Bedingungen stipulirt wird. In der Regel gestattet man bei Blechen Abweichungen in der Länge und Breite bis zu 10 mm, in der Stärke bis 3 % und bei den Profil-Dimensionen der Façon-Eisen bis zu 3 % der vorgeschriebenen Maafse. Als Kontrolle dient dabei ein Normal-Maafsstab, der in den Büreaus der Verwaltung aufbewahrt wird. Bei der Verwiegung einzelner Bleche oder Façon-Eisen lässt man wohl noch bis zu 5 %, bei der Verwiegung größerer Partien bis zu 3 % Mehr- oder Minder-Gewicht zu. Das Mehrgewicht

wird aber bei der Abrechnung nur in so weit berücksichtigt, als es das Mindergewicht der zu leichten, aber abgenommenen Stücke zum vorschriftsmässigen Gesamt-Gewicht ergänzt.

Endlich kann auch noch bei einzelnen Stücken einer Lieferung (oder Charge) eine Besichtigung des inneren Gefüges stattfinden, das sich beim Schweifseisen als ein vorwiegend sehniges erweisen muss, mit Ausnahme des Niet- und Schrauben-Eisens, für welches auch Feinkorn-Struktur vorgeschrieben wird⁴⁹. Die hierbei gebräuchliche Probe könnte zweckmässig als Textur-Probe bezeichnet werden.

Sie wird ausgeführt, indem man ein Stück der Lieferung auf einer Seite der Oberfläche mit dem Meißel einhaut und ein Ende des Stückes über der Ambos-Kante durch Hammerschläge derart biegt, dass die Einkerbung auf der konvexen Seite verbleibt. Dadurch wird das innere Gefüge des Eisens blofs gelegt.

Vielfach führt man diese Probe auch noch weiter aus, indem man den gebogenen Stab wiederholt und so lange biegt, bis der vollständige Bruch eintritt. Aus der Anzahl der erforderlichen Biegungen kann man dann noch einen Schluss auf die Zähigkeit des Materials ziehen.⁵⁰

Bei Prüfung von Gusseisen-Stücken beschränkt man sich meistens auf die Besichtigungs-Probe. Glatte Oberfläche ohne Löcher, Blasen und sichtbare Poren, feine Gussnäthe, reine Kanten und scharf ausgeprägte Verzierungen sind Kennzeichen eines guten Gusstücks. Dabei soll es kernigen Bruch von grauer Farbe zeigen, nicht windschief und verworfen und endlich so weich sein, dass es mit der Feile und dem Bohrer gut bearbeitet werden kann und dass ein gegen die scharfe Kante geführter Schlag mit dem Hammer einen Eindruck hinterlässt, ohne dass die Kante abspringt.

d) Ausführung der Festigkeits-Versuche. Nur bei den Besichtigungs-Proben ist es Regel, jedes einzelne Stück

⁴⁹ Der Bruch des Eisens erscheint im allgemeinen wie folgt:

Sehniges Eisen. Querbruch: hellgrau, matter Glanz. Längsbruch: silberfarbig, heller Glanz, feiner glatter Faden.

Feinkorn-Eisen. Silberhell glänzend, feines und gleichmässiges Korn.

Gutes Eisen. Helle Farbe mit geringem Glanz oder dunklere graue Farbe mit starkem Glanz. Dabei zackiges Korn.

Schlechtes Eisen. Dunkelaschgrau mit mattem Glanz oder weiss und stark glänzend. Dabei eckiges, kantiges oder schuppiges Korn.

Verbranntes Eisen. Kleinblättrig, sehr stark glänzend.

⁵⁰ Auch Aetz-Proben können unter Umständen für die Untersuchung auf Beschaffenheit des Gefüges vorthellhaft in Anwendung kommen. Vergl. über das Aetzen von Eisen und Stahl von Kick. Techn. Blätter 1873, S. 112.

der Lieferung zu prüfen; bei den Festigkeits-Proben wird gewöhnlich vorgeschrieben, dass von jeder Eisensorte mindestens eine gewisse Anzahl Stücke (etwa 3) und höchstens ein gewisser Prozentsatz (etwa 3%) der Prüfung zu unterwerfen sind. Besteht dann z. B. eins der beliebig heraus gegriffenen Stücke die Prüfung nicht, so wird manchmal noch ein viertes Stück zur Prüfung zugelassen, event. aber die ganze Lieferung zurück gewiesen.

Dabei empfiehlt es sich, alle zurück gewiesenen Stücke mit einem Ausschuss-Stempel und alle abgenommenen mit einem Abnahme-Stempel neben dem Stempel des Lieferanten zu versehen, um spätere Irrthümer zu vermeiden.

Die Versuche, welche auf der Hütte bezw. der Brückenbau-Anstalt oder in einer öffentlichen Prüfungs-Anstalt zur Ausführung kommen, können auf Theil-Proben beschränkt werden.

Schlag-Proben oder andere Proben mit ungetheilten Gebrauchsstücken sind für die Prüfung von Konstruktions-Material entbehrlich, weil sie viel vollkommener durch die Bruch-Proben — Biege-, Ausbreit- und Stauch-Proben — ersetzt werden. Die Prüfung der Verbindungsstücke erfolgt meistens durch Biege- und Ausbreit-Proben, diejenige der Verbindungsmittel (Niete und Schrauben) durch Biege- und Stauch-Proben.

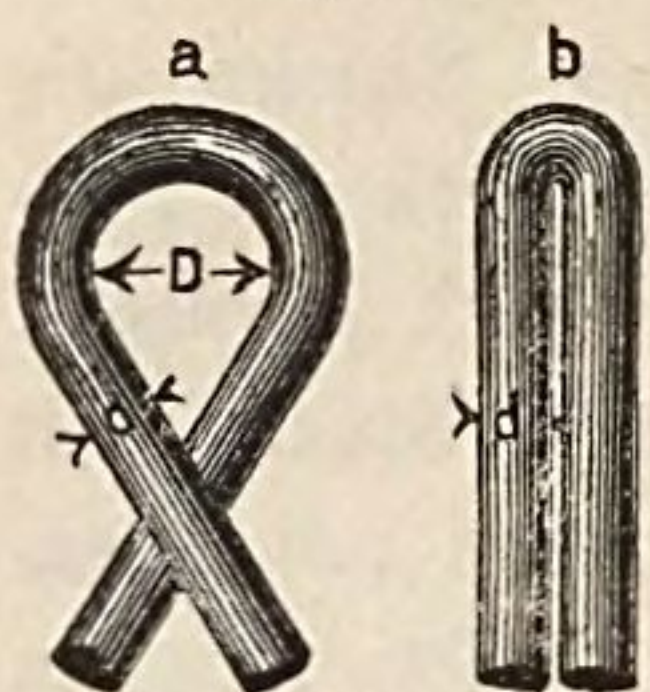
Durch die Biege-Proben will man das Eisen vornehmlich auf Vorhandensein von Kalt- oder Rothbruch untersuchen, aus welchem Grunde sowohl Kalt-Proben als auch Warm-Proben ausgeführt werden. Die vom Stabe abgetrennten Längsstreifen werden zu dem Zwecke — am besten in besonderen Apparaten ohne Stofs, nur mittels Schraube und Kurbel — bis zu einem vorgeschriebenen Winkel gebogen. Der Sattel der Matrize, auf welcher diese Biegung ausgeführt wird, darf dabei (etwa mit einem Radius von 13 mm) abgerundet sein und ein Streifen gilt als gebrochen, wenn sich an der Biegungsstelle ein deutlicher Bruch im metallischen Eisen wahrnehmen lässt.

Für die Untersuchung auf Vorhandensein von Rothbruch bedient man sich außerdem sehr häufig auch der Ausbreit-Probe. Dabei muss der auf kaltem Wege abgetrennte, rothwarm gemachte Versuchsstreifen durch die parallel zur Faser geführte, unten nach einem Radius von 15 mm abgerundete Hammerfinne sich bis auf das 1½ fache seiner Breite ausbreiten lassen, ohne dass Spuren einer Trennung im Eisen auftreten.

Für die Prüfung von Niet- und Schraubeneisen, welches seines geringen Querschnittes wegen sich sehr leicht beliebig biegen lässt, wendet man anstatt der beschriebenen umständlicheren Biege-Probe zweckmäßiger eine andere — die sogen.

Schleifen-Probe — an, bei welcher das Eisen direkt zu einer Schleife (Fig. 22a) mit vorgeschriebenem lichten Durchmesser D oder auch ganz (Fig. 22b) zusammen gebogen wird.

Fig. 22.



Bei Kalt-Proben schreibt man dabei den lichten Schleifen-Durchmesser gleich der Stärke des zu prüfenden Rund- oder Quadrateisen-Stabes vor, während man bei Warmproben verlangt, dass sich das Eisen ganz zusammen schlagen lässt, ohne einen Bruch zu zeigen.

Außer der Schleifen-Probe kommt für Niet- und Schraubeneisen noch die Stauch-Probe zur Anwendung. Dabei soll ein Stück Rundeisen, welches doppelt so lang als dick ist, in warmem, seiner künftigen Verwendung entsprechenden Zustande, sich bis auf ein Drittel seiner Länge zusammen stauchen lassen, ohne am Rande Risse zu zeigen. Die Prozedur macht sich am einfachsten, wenn man dabei ein Rundeisen-Stück in ein Nageleisen steckt, so dass eine Länge gleich dem doppelten Durchmesser hervor ragt und dasselbe auf dem Ambos, wie vorgeschrieben, zusammen staucht.

In nachstehender Tabelle sind die hauptsächlichsten Normen für die Prüfung von Konstruktions-Material aus Schweißseisen, wesentlich in Uebereinstimmung mit den Vorschlägen des Vereins deutsch. Eisenhüttenleute, zusammen gestellt, wobei ausdrücklich hervor zu heben ist, dass eine Erhöhung der angegebenen Qualitäts-Zahlen namentlich für die Biege-Proben in manchen Fällen recht wohl thunlich sein wird.

Dabei bliebe zu bemerken, dass eine größere Festigkeit in der Richtung der Querfaser bei Herstellung von Façoneisen nicht wohl zu erreichen ist, weil beim Walzen eine größere Pressung in dieser Richtung nicht ausgeübt werden kann. Der Konstrukteur wird also I , C , Z und T Eisen möglichst so anzuordnen haben, dass diese Stücke keine größere Beanspruchung nach ihrer Quersfaser erleiden, oder wenn sich eine solche Lage nicht erreichen lässt, die betreffenden Konstruktions-Theile aus Winkeleisen und Flacheisen bilden, was sich im allgemeinen auch schon der größeren Billigkeit wegen empfiehlt.

Von besonderen Festigkeits-Versuchen für fertige Belag-Bleche (Wellen-, Buckel- und Tonnenbleche) kann abgesehen werden, weil in der Voraussetzung, dass das verwendete Rohmaterial ein gutes war, die Art und Weise der Herstellung dieser Stücke eine genügende Garantie bietet, um so mehr, als die schädliche Einwirkung des Rostens die Haltbarkeit derselben mehr beeinträchtigen wird, als die Belastung.

Normen für die Prüfung von Konstruktions-Material aus Schweißseisen.

Bezeichnung und Form des zu prüfenden Materials.			Biege - Proben.						Zerreiß- Proben.	
			Kalt - Proben.				Warm-Proben.		Bruchfestigkeit in kg pro qmm	Dehnung in %
			Der Biegungs - Winkel α in Graden muss betragen bei einer Stärke d des Probestücks in mm von							
			21-25	16-20	12-15	8-11	über 25	bis zu 25		
I. Walzeisen.	1a. Winkel- und Flacheisen.	Längs- faser	15	25	35	50	90	120	36	12
	1 b. Alle übrigen Façoneisen (excl. Belagbleche).	Längs- faser	—	—	—	—	u. Ausbreit-Probe	—	35	12
	1 c. Niete und Schrauben.	Längs- faser	anstatt Biegeproben, Schleifen- und Stauchproben						38	18
II. Bleche.	2 a. Stücke von annähernd quadra- tischer Form, z. B. Anschlussbleche u. dergl.	Längs- faser	15	25	35	50	90	120	35	10
		Quer- faser	5	10	15	20	—	—	30	4
	2 b. Stücke mit ausgesprochener Längen - Richtung, z. B. Stege, Steh- bleche u. dergl.	Längs- faser	15	25	35	50	90	120	35	10
		Quer- faser	5	10	15	20	—	—	28	3

Bemerkung. Wegen der ad 2a vorgesehenen großen Quersfestigkeit, ist die Festigkeit in der Längsfaser und die Dehnung hier kleiner als unter 1a u 1b. normirt worden.

Die Quersfestigkeit ad 2b ist gegenüber derjenigen unter 2a geringer normirt, weil ein Querwalzen der Stücke ad 2b nicht stattfinden kann.

e) Prüfung von Flusseisen-Material. Wie bereits erörtert worden ist, liegen bezüglich der Verwendung von Flusseisen und Flussstahl zu Konstruktionszwecken erst so wenige Erfahrungen vor, dass man ein definitives Urtheil über die zweckmäßigste Art der Ausführung solcher Proben zur Zeit noch nicht fällen kann. In größerem Maassstabe kam der Flussstahl bei Herstellung der holländischen Brücken in Anwendung⁵¹. Die wesentlichsten von der holländischen Regierung für die Lieferung des Flussstahl-Materials fest gestellten Normen sind in der folgenden Tabelle zusammen gestellt.

Als ein weiteres Beispiel ist die Verwendung von Flusseisen zu einigen Brücken⁵² auf der in den Jahren 1879—81 erbauten österreichischen Zweigbahn Ebersdorf-Würbenthal zu nennen. Für dies Material wurde eine Festigkeit von 42—47 kg bei 43—38 %

⁵¹ Vergl. S. 32 und Supplement-Band 6 z. Organ f. d. Fortschr. des Eisenbahnwes. 1878. S. 97.

⁵² 12 Blechträger von 2,4—6,6 m und ein Parabel-Gitterträger von 21 m Spannweite. Zeitschrift d. Oestr. Ing.-Verein 1880, S. 1.

Kontraktion mit der Bedingung vorgeschrieben, dass die Summe der Qualitäts-Zahlen mindestens 85 betragen müsse. Von jeder Charge wurden drei Stück Zerreiß-Proben und außerdem auch Biege-Proben gemacht, wobei sich ergab, dass das gelieferte Material an Qualität die gestellten Anforderungen noch übertraf, weil die Summe der Qualitäts-Zahlen 100 betrug und außerdem bei den Biege-Proben der Versuchsstreifen sich, ohne Risse zu zeigen, um 180° zusammen biegen liefs. Die mit den fertig genieteten Blechträgern angestellten Festigkeits-Versuche lieferten ebenfalls ein gutes Resultat, weil es gelang, das Material der Gurte ohne irgend eine Beschädigung des Trägers auf 16 kg pro qmm zu beanspruchen, obgleich als größte zulässige Inanspruchnahme bei der Berechnung nur 10 kg zu Grunde gelegt worden waren.

Normen für die Prüfung von Flusstahl der Holländischen Brücken.

Bezeichnung und Form des zu prüfenden Materials.			Kalt-Biege-Proben.			Zerreiss-Proben			Bemerkungen.
			Biegungs-Winkel in Graden bei einer Stärke des Probe- stückes in mm			Bruch- Festigk. kg p. qmm	Dehnung %	Kontrak- tion %	
			10	8—9	6—7				
1	Bleche	Längsfaser	110	120	140	60	17	25	Die Belastung v. 60 kg muss Stahl 15Min. aushalten. Probestücke, min- destens 250 mm lang u. 500 qmm Querschn.
		Querfaser	80	90	100	—	13	18	
2	Winkel- und Flacheisen .	Längsfaser	Schleifenprobe bei einer Temp. v. 10° C. $\alpha = 180^\circ$, so dass Schleifen- Durchm. = d .			60	17	23	
3	Bolzen-Stahl ad 3. Scher-Festigkeit 50kg. pr. qmm.					60	20	39	

Vergleicht man die holländischen Normen mit den oben für Schweißseisen-Material zusammen gestellten, so sieht man, dass erstere, namentlich bezüglich der Biege-Proben, sehr hohe Forderungen an die Qualität des Flusstahls involviren.

Die Erfahrung hat aber gelehrt, dass es den Fabrikanten trotzdem möglich gewesen ist, das Material in vorgeschriebener Qualität zu liefern; die Mängel desselben traten erst bei den mit den fertig genieteten Trägern vorgenommenen Versuchen, wie bereits früher beschrieben, zu Tage.

Es bleibt der Zukunft überlassen, zu entscheiden, ob es gerathen sein wird, für Konstruktions-Zwecke sich mit einem Flusseisen-Material von geringer Festigkeit aber großer Zähigkeit zu begnügen oder ein Material von größerer Festigkeit und geringerer Zähigkeit zu wählen. Nach dem heutigen Stande der Fabrikation ist ein hohes Maafs der Zähigkeit für Konstruktions-Material als ganz unerlässlich zu bezeichnen, weil dadurch allein die schädlichen Einflüsse, welche in Folge der Bearbeitung und Ver-

bindung der Konstruktions-Theile erfahrungsmäßig hervor gerufen werden, zu paralysiren sind.⁵³

3. Bearbeitung der Konstruktions-Elemente.

Die von der Hütte angelieferten, dort nur roh durch Heißen richteten adjustirten Stücke, werden von dem Materialien-Verwalter positionsweise geordnet der Werkstatt übergeben und müssen dort, ehe sie auf der Zulage gebraucht werden können, einer nochmaligen Adjustirung durch das Kaltrichten unterworfen werden. Dies geschieht theils auf Maschinen durch Walzen oder Pressen, theils auf einer festen Unterlage (Richtplatte, Richtambos) durch Handarbeit mit Hilfe von Hämmern.

Auf den Maschinen können nur die gröbern Unebenheiten und windschiefe Theile der Flächen fortgebracht werden; kleinere Beulen in den Flächen und vor allem Unregelmäßigkeiten in den Kanten-Richtungen sind nachträglich durch Handarbeit zu beseitigen, wobei der Arbeiter die gerade Linie mit dem Auge visirt oder sonst durch Benutzung von Richtscheit und Schablonen sich von der genauen Form der Flächen und Kanten überzeugt.

Das Richten der Bleche geschieht in Walzen-Pressen⁵⁴, in denen das zu richtende Blech gezwungen werden kann, einen beliebigen wellenförmigen Weg zu durchlaufen, wodurch man es in der Hand hat, die hauptsächlichsten Unebenheiten zu beseitigen. Dünnere Bleche (unter 6^{mm} stark) werden, weil sie stark federn, dadurch gerichtet, dass man mehrere derselben (oder ein dünnes mit einem starken Bleche zusammen) durch die Walzen gehen lässt. Auch geschieht das Richten dünner Bleche auf festen Unterlagen durch Hämmern.

Die Flacheisen werden auf den oben genannten Walzen-Pressen vorgerichtet, d. h. in den Oberflächen geebnet. Das Ausrichten nach der hohen Kante wird dann gewöhnlich in eigens für diesen Zweck konstruirten Schrauben-Pressen ausgeführt. Bei der in Fig. 22 dargestellten Vorrichtung⁵⁵ die gewöhnlich auf einer Substruktion von Holz gelagert ist, wird das Flach-

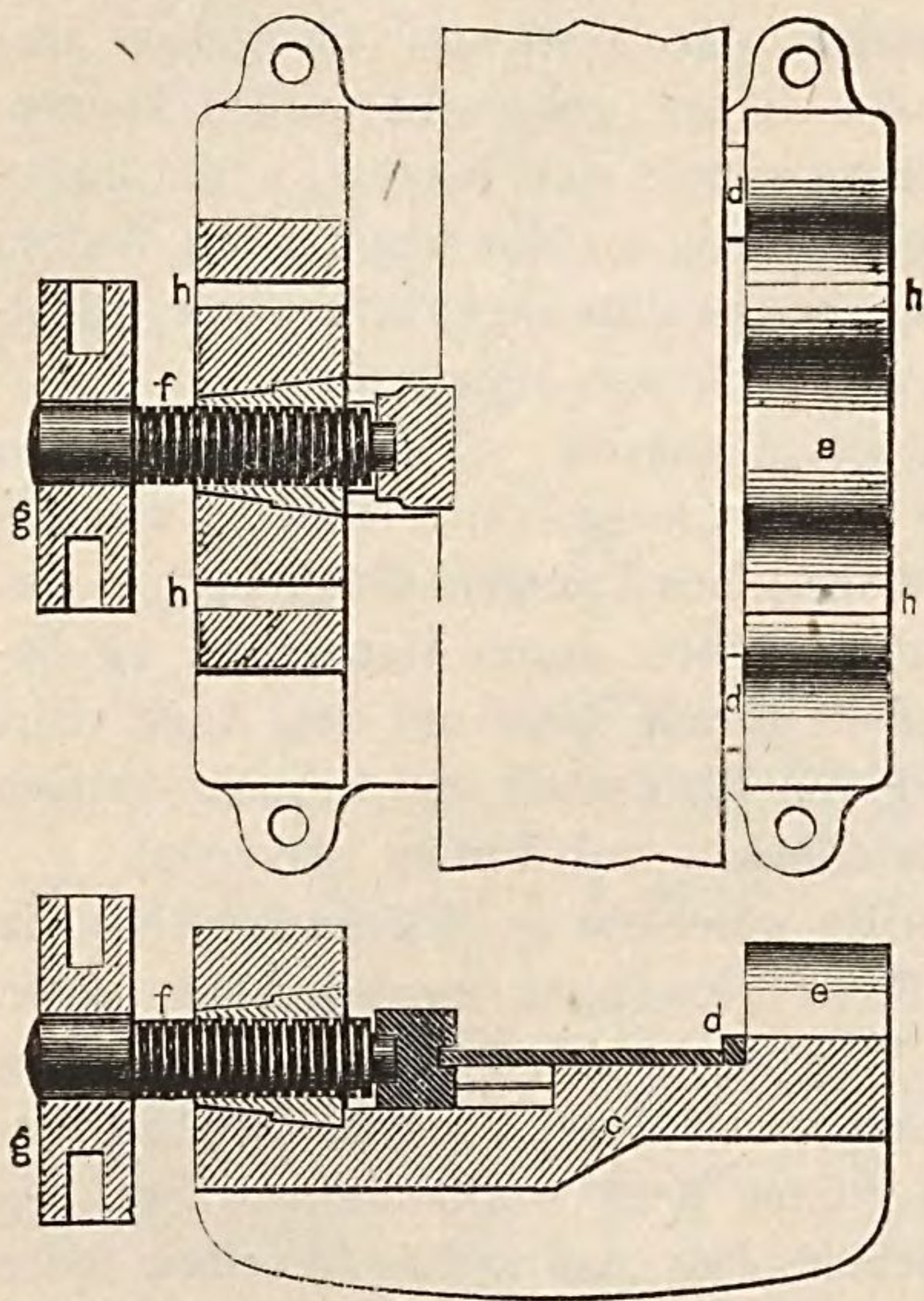
⁵³ Die Eisenhüttenleute empfehlen die Verwendung eines Flusseisens von 45 bis 55 kg Festigkeit, bei 20—15 % Dehnung. Vergl. auch Supplement-Band 7 zum Org. f. d. Fortschr. d. Eisenbahnw., welcher die von der Techn. Kom. d. Ver. deutsch. Eisenb.-Verw. angestellten Versuche über die Eigenschaften von Eisen und Stahl, sowie zahlreiche Tab. über anderw. Versuche mit Fluss-Metall enthält.

⁵⁴ Die Walzen-Richtpressen zeigen sehr verschiedene Anordnungen. Gewöhnlich liegen in der untern Reihe drei und in der oberen Reihe zwei Walzen; die untern Walzen werden bewegt, die obern laufen durch Reibung mit und können vertikal gehoben oder gesenkt werden.

⁵⁵ Z. d. Ver. deutsch. Ing. 1867, S. 81.

eisen auf die sauber gehobelte Platte *c* gelegt und sodann werden Unterlagsstücke *d* an solchen Stellen zwischen den Rand *e* der Platte und das Flacheisen eingeschoben, dass mit Hülfe des Seitendrucks der Schraube *f* eine Durchbiegung der Kante

Fig. 23. Flacheisen-Richtpresse.



zwischen den Stützen *d* bewerkstelligt werden kann. Die auf dem Schraubenende steckende Hülse *g* bewirkt beim Richten schwächerer Flacheisen schon durch ihr Eigengewicht ein genügendes Andrücken der Schraube; bei stärkeren Flacheisen kann durch Einstecken einer schweren Eisenstange das Eigengewicht und dadurch jener Druck vergrößert werden.⁵⁶

Die Oeffnungen *h* in den Rändern *e* dienen zum Durchstecken von Eisenstücken, mit deren Hilfe unter Anwendung

von Keilen man das zu richtende Flacheisen auf der Platte fest halten kann.

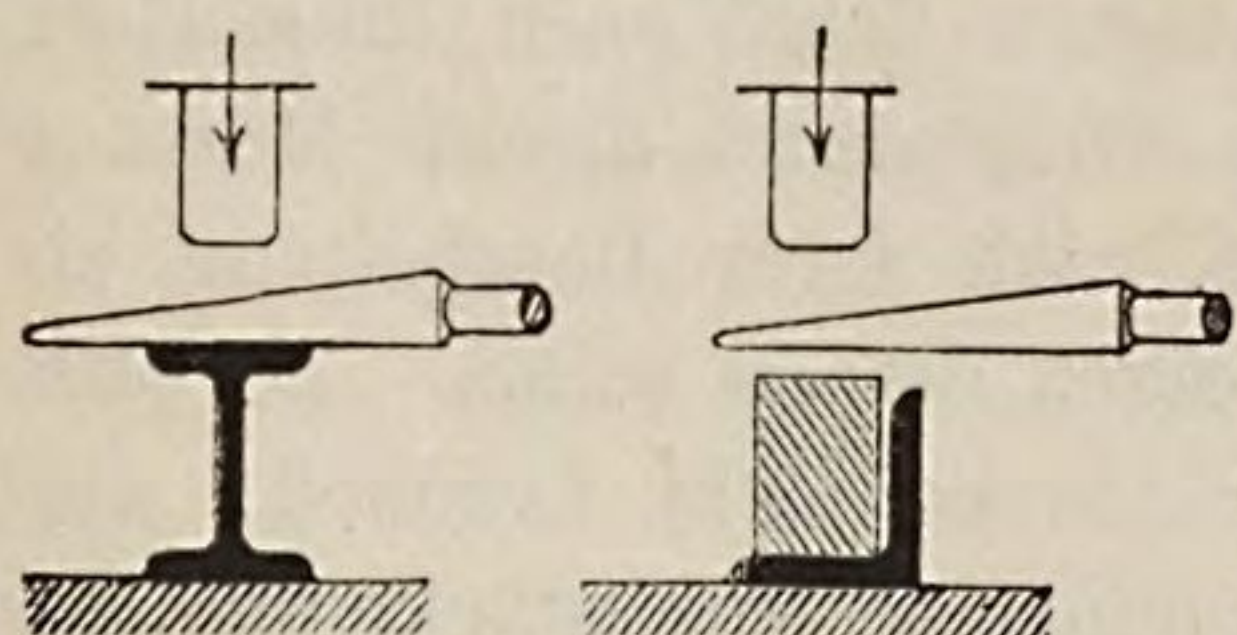
Soll nun z. B. ein nach der hohen Kante verbogenes Flacheisen gerichtet werden, so lagert man es wie beschrieben und verlängert dann die zu kurze, konkave Kante, während seitlich auf die betreffende Stelle der Schraubendruck wirkt, durch Hämmern (Strecken) der Oberfläche in der Nähe der Kante. Auf diese Weise wird es möglich, durch geringes Hämmern, ohne das Stück dadurch unansehnlich zu machen, sowohl ein krummes Flacheisen auszurichten als auch ein grades Flacheisen nach einer vorgeschriebenen Kurve in der hohen Kante zu krümmen.

Die Winkeleisen und auch andere Façoneisen können wie das Blech, in den Oberflächen auf den beschriebenen Walzen-Pressen geebnet werden, wenn die Walzen ein entsprechendes Kaliber erhalten. Das Ausrichten der Kanten erfolgt nachträglich

⁵⁶ Für das Richten sehr starker Flacheisen ist Anwendung hydraulischen Druckes empfehlenswerth.

sehr leicht durch einige Hammerschläge auf dem Richtambos, besser aber auf denjenigen Pressen, welche gewöhnlich ausschliesslich für das Richten der Façoneisen benutzt werden. Das sind Maschinen, in denen ein Stempel, wie bei den bereits beschriebenen Niet-Pressen, sich vertikal auf und nieder bewegt. Die Zuführung der zu richtenden Stücke erfolgt dabei auf am Boden fest gelagerten rotirenden Rollen und der Arbeiter bewirkt das Richten durch einzelne Stöße des Stempels, wobei das Stück durch Unterlagen, Futterstücke, an den richtigen Stellen so unterstützt sein muss, dass die erforderliche (nicht zu große oder zu kleine) Biegung auf eine bestimmte Länge stattfinden kann. Die richtige Druckstärke sucht man gewöhnlich dadurch zu erreichen, dass

Fig. 24.



man einen eisernen Keil (Fig. 24) mehr oder weniger weit zwischen Stempel und Façoneisen einschiebt. Diese Methode des Richtens muss besonders da, wo der Druck hydraulisch ausgeübt wird, durch geschickte Arbeiter mit Vorsicht ausgeführt werden, damit keine über-

mäßige Inanspruchnahme des Materials eintritt. Namentlich gilt dies für das Richten von Flusseisen-Stücken.

a) Das Biegen und Kröpfen muss der Konstrukteur — als krumme Arbeit — möglichst zu umgehen suchen, weil ihre Kosten im Verhältniss zu den der übrigen Arbeiten nicht unerheblich sind. Das Biegen geschieht, wenn die Krümmung nicht zu stark ist, auf kaltem Wege; das Kröpfen kann jedoch nur im warmen Zustande des Eisens vorgenommen werden.

Das Krümmen der Bleche und Flacheisen nach ihrer Fläche erfolgt auf Biege-Maschinen, in denen zwei untere fest gelagerte Walzen und eine obere, stellbare Walze vorhanden sind. Das Krümmen der Winkелеisen auf Walzen ist nicht zu empfehlen, weil der in der Krümmungs-Ebene liegende Schenkel sich leicht ausbiegt oder Falten wirft. Sollen Flacheisen nach ihrer hohen Kante gekrümmt werden, so bedient man sich dabei am zweckmässigsten des oben beschriebenen Richt-Apparates, der in ähnlicher Anordnung auch für breitere Bleche benutzt werden kann, wenn nur, zur Verstärkung des seitlichen Schraubendruckes, die erforderliche Kraft durch Räder-Uebersetzung oder dergl. ausgeübt wird.

Stärkere Biegungen und Kröpfungen von $\perp$ und $\top$ Eisen sollten nie durch Handarbeit, sondern stets in passenden Gesenken durch Pressen ausgeführt und das (runde oder viereckige) Horn

des Ambosses nur für unbedeutende Biegungen benutzt werden; scharfe Biegungen der Bleche führt man mit Hilfe geeigneter Apparate aus, in denen das Blech zwischen Linealen fest gehalten und durch maschinelle Mittel bis zu einem beliebigen Winkel gebogen werden kann⁵⁷.

b) Das Zulegen. Das Uebertragen der rechnungsmässig ermittelten Maafse auf die gerichteten Stücke geschieht auf der Zulage, einer grossen horizontalen Zeichenebene, gebildet durch ein System von Eisenbahn-Schienen oder mit Flacheisen abgedeckten Balken, welche mit Zwischenräumen gelegt und durch frei aufgestellte Böcke oder eingerammte, mittels Holme unter einander verbundene Pfähle unterstützt werden.

Die Uebertragung wird entweder auf jedem Stücke mit Hülfe von in natürlicher Grösse angefertigten Schablonen (aus Holz, seltener aus Blech) bewirkt, oder sie erfolgt durch direkte Messung nur auf diejenigen Stücke, welche nach ihrer Bearbeitung als Schablonen-Stücke für die übrigen dienen sollen. Die erst genannte Methode ist für grössere Stücke nicht rationell, weil dabei durch die ungleiche Ausdehnung der Eisenstücke und der Schablonen in Folge von Temperatur-Aenderungen, Maafs-Differenzen entstehen, die je nach den grösseren oder kleineren Dimensionen der Stücke und der Tages- oder Jahreszeit, in welcher die Maafs-Uebertragung stattfindet, mehr oder minder erheblich sein werden.

Das Zulegen aller Theile grösserer Träger hat daher unter Beachtung der jeweiligen Temperatur und Anwendung eiserner Lineale — event. aus gleichem Material wie dasjenige der Brücke gefertigt — zu erfolgen. Gewöhnlich geschieht dies in der Weise, dass man nach den berechneten Maafsen das geometrische Netz der Mittellinien aller Konstruktions-Theile vorzeichnet, wobei behufs Festlegung der geraden Linien straff ausgespannte Drähte zu Hilfe genommen werden. Auf dem Harkort'schen Werke geschieht die Projektion der Drahtlinie auf die Zulage (oder das Schablonen-Stück) mit Hilfe eines rechten Winkels, dessen horizontaler Schenkel eine Wasserwage zur genauen Einstellung des vertikalen Schenkels, an welchen sich der Draht lehnt, trägt.

Zur Erleichterung der Maafs-Bestimmung und des Justirens ausgespannter Drähte wird zuweilen auch wohl auf jeder Langseite der Zulage ein eisernes Lineal angebracht und in seiner Mitte derart befestigt, dass es sich bei Temperatur-Aenderungen

⁵⁷ Ein solcher Apparat ist abgebildet und beschrieben: Techn. Blätter 1872 S. 256.

nach beiden Seiten hin ausdehnen oder zusammen ziehen kann. Steht dabei die Verbindungs-Gerade der Lineal-Mitten senkrecht zur Richtung beider Lineale, so ist es leicht, auf beiden Linealen entsprechende Theilpunkte einzuschneiden und Drähte als Ordinaten u. s. w. auszuspannen.

Mit Hilfe des geometrischen Netzes, welches genau genommen nur bei einer ganz bestimmten Temperatur den Messungen zu Grunde gelegt werden darf, oder event. der Temperatur-Erhöhung entsprechend korrigirt werden muss, kann man die Maasse aller Stücke bequem übertragen. Die so übertragenen Dimensionen werden aber meistens immer noch von den rechnermässig ermittelten, in die Arbeits-Zeichnungen eingeschriebenen um ein Geringes ($1 - 2 \text{ mm}$) abweichen; dieser Umstand fällt aber nicht ins Gewicht, wenn nur dafür Sorge getragen wird, dass die Stöße überall exakt schliessen.⁵⁸

Die erste und wichtigste Arbeit ist daher auch das genaue Einrichten der Stofs-, Anschluss- oder Knoten-Bleche, auf denen, mit oder ohne Hilfe von Schablonen, Winkeln oder sonstigen Mess-Instrumenten die Lage der zu stossenden Stücke durch Vorreissen der Stosfugen-Richtungen mittels eines Stahlstiftes und durch Ankörnen der Mittelpunkte der Nietlöcher fixirt wird.⁵⁹ Nachdem darauf mit Hilfe des Kreis-Körners um die vorgekörnten Nietloch-Mitten Kontrol-Kreise, mit einem etwas gröfseren Durchmesser als das zu bohrende Loch, geschlagen, die Knoten-Bleche gebohrt, sorgfältig von den Bohrspähnen gereinigt, event. wieder gerichtet und auf der Zulage eingerichtet und verklammert worden sind, wird die genaue Länge eines jeden Stückes dadurch bestimmt, dass man es provisorisch mit den Knotenblechen verbindet und genau nach der *in natura* vorliegenden Stosfugen-Entfernung ablängt. Die provisorische Verbindung und die Bearbeitung der Enden wird so oft wiederholt, bis alle Stöße vorschriftsmässig zum Schluss gekommen sind. Dann erst kann man alle Nietlöcher definitiv vorzeichnen und

⁵⁸ Bei der Herstellung der Träger für die grofse 150 m weite Oeffnung der Leck-Brücke bei Kuilenburg wurden die Theilung der beiden aus dem Brücken-Materiale gefertigten Lineale und alle übrigen Messungen (in der Harkort'schen Werkstatt) jedes Mal in frühester Morgenstunde bei einer Temperatur von $9 - 12^\circ \text{ C}$. vorgenommen; dabei zeigte es sich, dass schon bei einer Temperatur-Erhöhung um wenige Grade bei den Messungen Längen-Differenzen von 6 mm eintraten. (Zeitschr. d. Oesterr. Ing.-Ver. 1872, S. 105.)

⁵⁹ Um die Mittelpunkte der Nietlöcher genau ankörnen zu können, bedient man sich auch wohl eines Körners, der in einer längeren Hülse geführt wird. Letztere wird in die Löcher der Schablone gesteckt. (Vergl. auch *Engin.* Dez. 1867, S. 534. Instrument zum Vorzeichnen der Nietlöcher mit Farbe.)

bohren und den ganzen Träger mit Hilfe von Schrauben und Dornen provisorisch montiren. Die hierbei schliesslich noch entdeckten kleinen Unregelmäßigkeiten sind nachträglich zu beseitigen.

Zur Orientirung beim Zulegen eines Trägers dient meistens ein graphisches Material-Verzeichniss oder Stofs-Schema, welches in übersichtlicher Weise den Ort, die Länge und die Positions-Nummer für jedes Stück des Trägers angiebt und dadurch eine Kontrolle über die richtige Verwendung desselben ermöglicht. Da aber die auf jedem Stücke an einem Ende eingestempelten Zeichen $\left(\frac{\text{Kommissions-No.}}{\text{Positions-No.}} \right)$ nur eine Vertauschung vor der Bearbeitung verhüten, so muss jedes Stück nach dem Zulegen ausserdem noch eine besondere Bezeichnung oder Numerirung erhalten, damit sowohl in der Werkstatt, als auch später auf der Montage eine Verwechslung gleichartiger, bearbeiteter Stücke nicht mehr stattfinden kann. Es wäre z. B. bei der Montage einer grösseren Brücke mit mehreren gleichen Oeffnungen unzulässig, ein Stück, welches für einen Knotenpunkt eines linksseitigen Haupt-Trägers zugelegt worden ist, an der korrespondirenden Stelle im rechtsseitigen oder irgend einem andern Haupt-Träger einer andern gleichartigen Oeffnung anzubringen. Denn wenn auch der zuerst zugelegte Träger als Schablone für das Zulegen der übrigen Träger benutzt werden kann, so ist es doch bei der grössten Vorsicht nicht zu vermeiden, dass in Folge von Temperatur-Änderungen oder von Fehlern beim Aufreissen u. s. w. die gleichartigen Stücke verschiedener Träger um mehrere Millimeter in den Dimensionen von einander abweichen.

Die erwähnte Bezeichnung oder Numerirung der zugelegten Stücke wird gewöhnlich in ein Stofs-Schema nach einem bestimmten System eingetragen. Auf dem Harkort'schen Werke hat sich seit Jahren ein System bewährt, das durch einen in Fig. 25 wiedergegebenen Theil des Bezeichnungs-Plans für die Gurte der Rheinbrücke bei Arnheim veranschaulicht wird.

Jedes Stück trägt bereits an einem Ende das Zeichen: $\frac{\text{Kommissions-Nr.}}{\text{Positions-Nr.}}$ und erhält dazu auf beiden Enden noch folgende Zeichen bzw. Nummern:

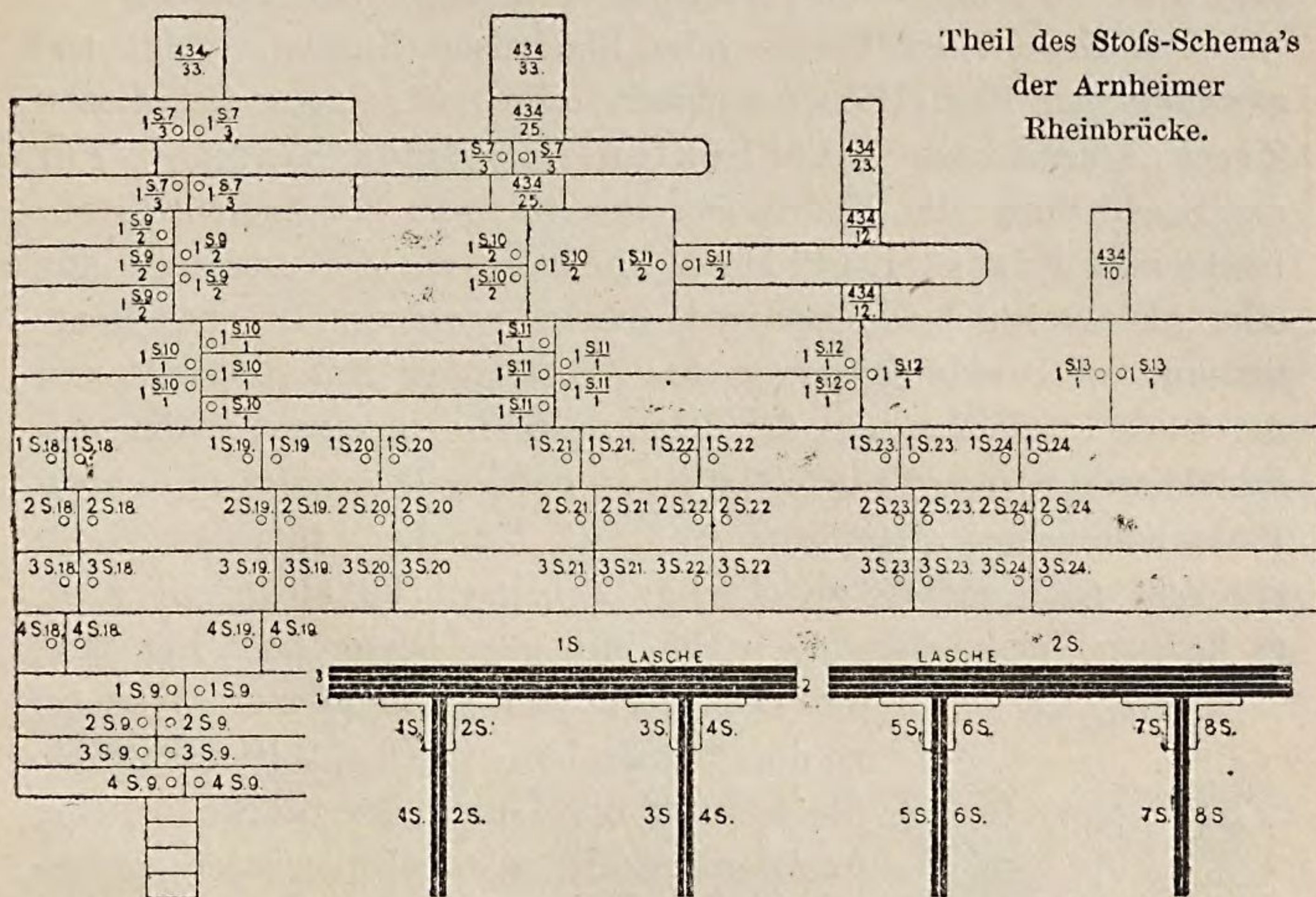
1) Das Gurt-Zeichen „S“ oder „Z“, je nachdem es im Ober- oder Untergurt liegt⁶⁰; 2) eine Zug-Nummer, welche denjenigen Zug gleicher Profile (Winkeleisen, Laschen, Stehbleche etc.) an-

⁶⁰ Die Zeichen S und Z (Stemm- und Zuggurt) sind alt hergebrachte. Empfehlenswerther erscheinen dafür die Zeichen O und U.

giebt, in welchem das Stück liegt und 3) eine Stofs-Nummer, welche für die zusammen stoßenden Enden zweier Stücke identisch ist. Außerdem erhalten die Lamellen oder Platten, um ihre Lage zu kennzeichnen, noch eine Platten-Nummer, die als Divisor unter die Stofs-Nummer gesetzt wird, während die Zug-Nummer vor dem Gurt-Zeichen zu stehen kommt.

Es bezeichnet also z. B. mit Bezug auf die Fig. 25 das Zeichen $1 \frac{Z 8}{2}$: das 8. Stück (vom linken Auflager ab) der mittleren Lamelle des Untergurts im linksseitigen Träger; ferner das Zeichen 6 S 10 auf einem Winkeleisen: die Lage desselben im Obergurte des rechtsseitigen Trägers und als zehntes Stück im Zuge der Winkel-

Fig. 25.



eisen auf der rechten Seite des linksseitigen Stehblechs. Sind mehre gleiche Oeffnungen vorhanden, so läuft die Zug-Nummer weiter; z. B. würden die Zug-Nummern für eine zweite Oeffnung der Arnheimer Brücke im Obergurte: 9 S, 10 S, 11 S, 12 S, u. s. w. lauten.

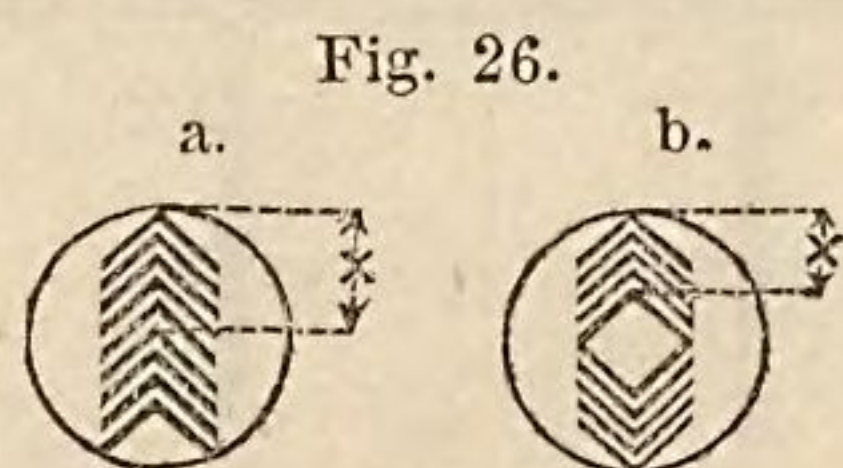
Nachdem alle zugelegten Stücke nach vorstehendem (oder einem andern) Systeme signirt worden sind, kann die Bearbeitung ohne die Besorgniss einer Vertauschung einzelner Stücke vorgenommen werden.

c) Bearbeitung der Flächen. Eine Bearbeitung der Oberflächen findet in der Regel nur für Auflager- und maschinelle Theile (Gusstücke) sowie auch für Knoten-Bolzen statt, deren



Berührungs-Flächen, damit die einzelnen Theile mit möglichst wenig Reibung und exakt zusammen arbeiten, auf Plan- und Rund-Hobelmaschinen oder Drehbänken der geometrischen Form entsprechend eben und sauber hergestellt werden. Lässt man auch den Walzeisen-Sorten eine Bearbeitung angedeihen, so geschieht dies nur in der Absicht, die betreffenden Stücke schnell und billig auf die vorgeschriebenen Dimensionen zu bringen. Danach wird also eine Bearbeitung der Oberflächen beim Walzeisen — mit Ausnahme der Gleitstücke in den Auflagern — nicht vorgenommen; es werden gewöhnlich nur die breiteren Flacheisen durch Hobeln der Seitenflächen (schlechtweg der Kanten) genau parallel und in richtiger Breite hergestellt und außerdem alle Stücke durch Fraisen, Absägen, Abschneiden, Meißeln oder Feilen ihrer Endflächen (Stoßflächen) abgelängt.

Das Hobeln der Blech- oder Flacheisen-Kanten erfolgt auf gewöhnlichen Plan-Hobelmaschinen oder auf eigens für diesen Zweck konstruirten Blechkanten-Hobelmaschinen.⁶¹ Für die Bearbeitung der Endflächen benutzt man gewöhnliche Drehbänke oder Frais-Maschinen, in denen zur Zeit nur ein Ende oder gleichzeitig beide Enden bearbeitet werden. Bei der Bearbeitung auf Drehbänken liegt das Arbeitsstück fest gespannt und der Stahl — welcher auf der Planscheibe in einem radial verschiebbaren Support befestigt ist — beschreibt mit der rotirenden Planscheibe einen kreisförmigen Weg. Man kann in dieser Weise zur Zeit auch mehrere gleichartige Arbeitsstücke ablängen, z. B. es können Winkeleisen nach Fig. 26a oder besser nach Fig. 26b,



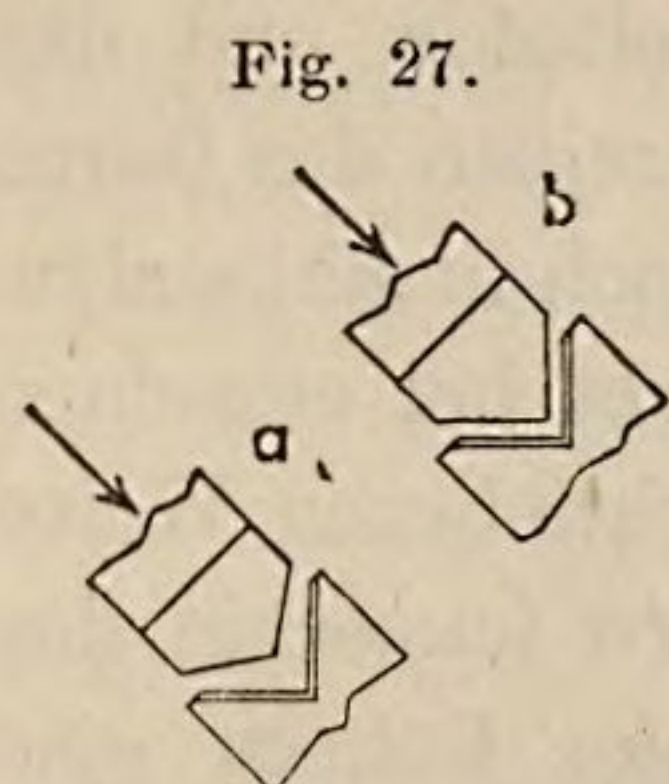
weil dort der Stahl einen kleinern Weg (x) zu durchlaufen hat, zwischen 2 Planscheiben, die je nach der Länge der Stücke beliebig weit auseinander geschoben werden, aufgeschichtet, fest gespannt und ihre Endflächen rechtwinklig bearbeitet werden.

Bei den Frais-Maschinen tritt an die Stelle der Planscheibe der Fraiskopf, mit einem System von Messern — Fraisen — welche hinter einander zum Angriff gelangen und von welchen ein jedes verhältnissmäßig nur einen geringen Span zu nehmen hat. Da die Fraisen nicht radial verschieblich sind, so muss

⁶¹ Bei den Blechkanten-Hobelmaschinen liegt das aufgespannte Arbeitsstück fest und zwar so, dass die zu hobelnde Kante quer vor dem Support zu liegen kommt, in welchem meistens 2 Werkzeuge fest gehalten werden, die abwechselnd beim Vor- und Rückgange des Supports schneiden. Man kann hierbei auch auf der ganzen Dicke der Blechtafel hin einen breiten Span auf ein Mal nehmen, was beim Schräghobeln der Kanten gewöhnlich geschieht.

hier das Arbeitsstück oder der Fraiskopf die Seitenbewegung ausführen. In Amerika erfolgt die Bearbeitung der Endflächen der zusammen genieteten Druckstäbe gewöhnlich durch eine mit Schneiden versehene Scheibe, die rotirt und außerdem eine Seitenbewegung ausführt, während das Arbeitsstück fest liegt.

Vielfach wird in neuerer Zeit für die Enden-Bearbeitung auch die Zirkular-Säge angewandt, besonders wenn es sich dabei um schräges Abschneiden handelt;⁶² ferner werden für das Ab-

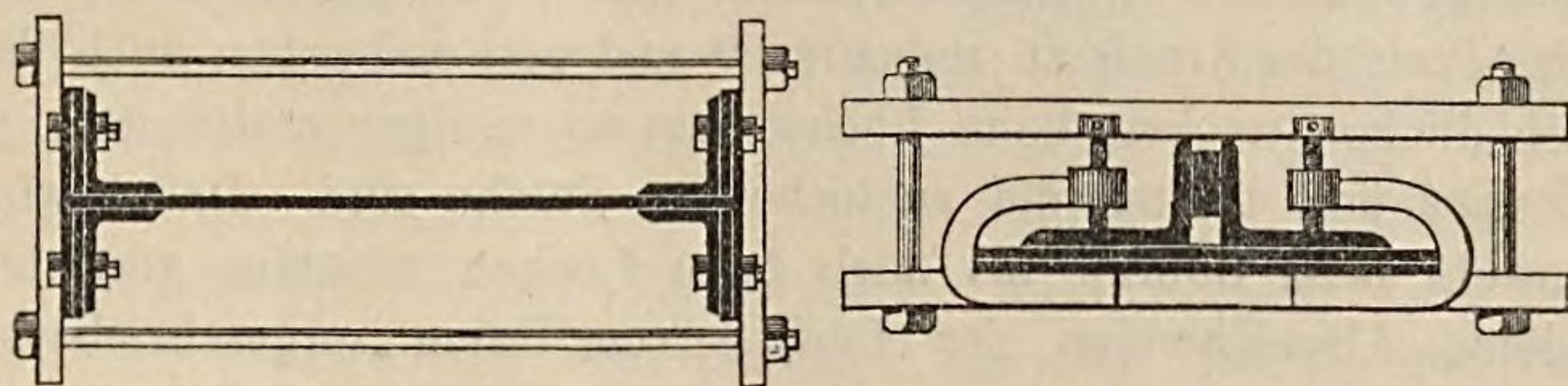


schneiden der Winkelisen-Enden auch wohl besondere Winkelisen-Scheren (Fig. 27) benutzt. Bei diesen Scheren ist es zweckmässig, wenn das obere Scheren-Messer nicht auf sogenanntem Schnitt nach Fig. 27a, sondern nach Fig. 27b so geformt ist, dass das Abscheren auf einmal erfolgt, weil durch die erst genannte Messerform leicht ein Verbiegen der Winkelisen eintritt.

Die Feile wird meistens nur für geringe Nacharbeiten oder für die Beseitigung des beim Schneiden, Sägen und Meißeln an den Kanten entstehenden Grates zu Hilfe genommen.

d) Bohren und Lochen. Die verschiedenen, zum Theil noch ihrer Lösung harrenden Streitfragen über den Einfluss des Lochens oder Bohrens auf die Festigkeit des Materials⁶³ können hier außer Betracht bleiben, da es nicht zu bezweifeln ist, dass für Brücken oder ähnliche Eisenkonstruktionen diejenige

Fig. 28.



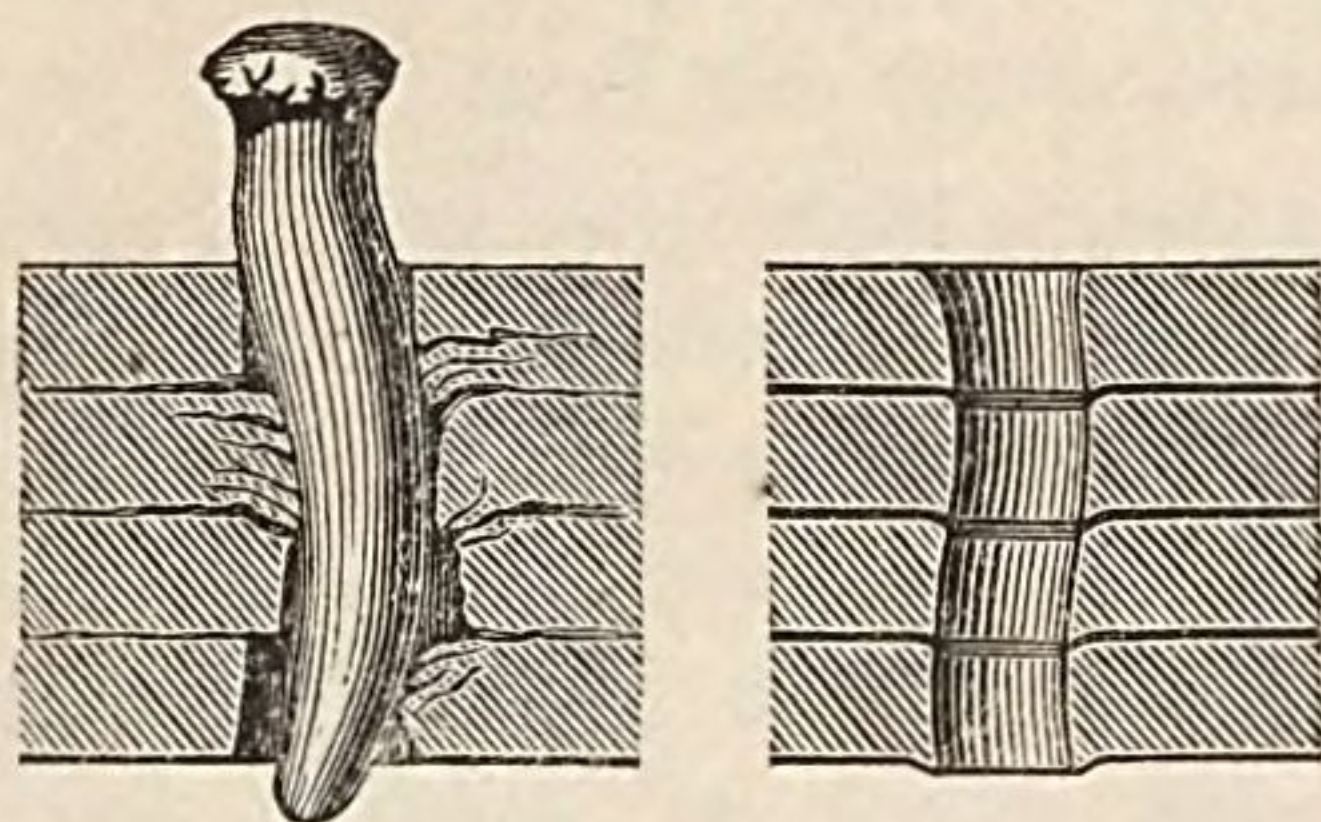
Methode der Locherzeugung die beste ist, welche die exakteste Arbeit gestattet, und das ist — wie nachgewiesen werden soll — die Methode des Bohrens.

⁶² In der Harkort'schen Brückenbau-Anstalt sah Verfasser eine einfache kombinierte Bohr-, Säge- und Frais-Maschine für Handbetrieb (D. R.-P. No. 6236 von H. Ehrhardt in Düsseldorf), welche dort sehr gelobt wurde. Diese Maschine, auf Rollen gestellt, ist auch ein sehr nützliches Werkzeug für die Montage.

⁶³ Nach Kennedy wird die Festigkeit von Stahl und Eisen durch das Lochen erhöht, nach Kirkaldy, Kirk und anderen dagegen vermindert.

Nur beim Bohren allein ist es möglich, in mehreren übereinander liegenden Stücken, dadurch, dass man sie mittels

Fig. 29.



einzelner Bolzen und durch Zwingen (vergl. Fig. 28) provisorisch zu einem Konstruktions-theil verbindet, in einer Operation Nietlöcher herzustellen, welche den kostspieligen Gebrauch der Reibahle und das schädliche Eintreiben des Dorns (Fig. 29) nur noch in minimalem

Maafse erfordern. Selbst aber auch dann, wenn es bei einzelnen Stücken nicht ausführbar sein sollte, sie in beschriebener Weise im Zusammenhange mit andern zu bohren, so wird immerhin das Bohren dem Stanzen vorzuziehen sein, weil beim Bohren eine schädliche Deformation, namentlich eine Verlängerung der Stücke, wie dieselbe beim Stanzen trotz der größten Sorgfalt regelmässig eintritt und welche eine genaue Uebereinstimmung zusammen gehöriger Nietlöcher unmöglich macht, vermieden werden kann.

Aus diesen Gründen ist die Superiorität der Methode des Bohrens entschieden, obgleich manche Vortheile der Methode des Lochens — namentlich ihre Billigkeit — nicht zu bestreiten sind.

Während in Amerika, wo die Nietarbeit nur eine untergeordnete Stelle einnimmt, das Lochen aller Stücke die Regel bildet, schreiben die meisten deutschen Verwaltungen das Bohren aller Façon-Eisen ausdrücklich vor, während sie das Bohren der Bleche zuweilen zulassen, hauptsächlich wohl aus dem Grunde, um den Preis der Arbeit zu reduzieren⁶⁴ und weil ausserdem auch das schädliche Strecken beim Lochen um so weniger stattfindet, je dünner und breiter die zu lochenden Stücke sind. Dabei wird sowohl beim Bohren als auch beim Lochen meistens gestattet, kleine Abweichungen der Löcher von ihrem vorgeschriebenen Platze, wenn sie höchstens 3 — 4 % des Nietloch-Durchmessers betragen, durch die Reibahle zu beseitigen.

Die Festsetzung des Verhältnisses von Loch-Durchmesser zum Niet-Durchmesser bleibt in der Regel dem Fabrikanten überlassen, der gewöhnlich die Lochweite genau nach Vorschrift der Projekt-Zeichnungen herstellt und die Niete, damit sie im warmen Zustande bequem einzustecken sind, um etwa 3 % im Durchmesser dünner anfertigen lässt. Doch werden in einigen Fällen auch über dieses Verhältniss Vorschriften erlassen. Z. B. wünscht die

⁶⁴ Nach Petzholdt kostet das Bohren — dasselbe Stück und dasselbe Material betrachtet — zehn Mal so viel, als das Lochen.

Lufmann

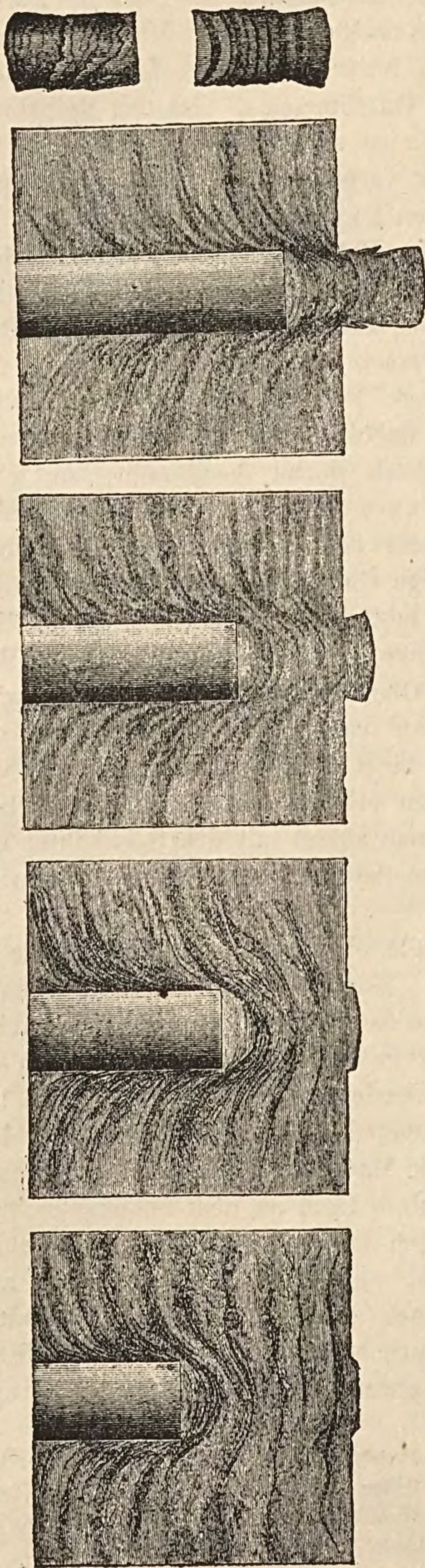
Verwaltung der Holländischen Staatsbahnen den Niet im Durchmesser um 2% größer, als das nach dem Projekt-Maafse gebohrte oder gestanzte Loch und ein Aufreiben des Loches durch die Reibahle um 5% seines Durchmessers. Da das Reibahlen-Manöver ein kostspieliges ist, so sollte es nicht unbedingt für jedes Loch, sondern nur da vorgeschrieben werden, wo viele Löcher über einander zu liegen kommen. —

Selbstverständlich ist beim Bohren und auch beim Lochen nie darauf zu rechnen, dass der Durchmesser des Loches mathematisch genau ausfalle. Schon beim Ankörnen des Lochmittels und bei Einführung des Bohrers in die angekörnte Mitte ist der Arbeiter gewissen Beobachtungs-Fehlern ausgesetzt und selbst auch voraus gesetzt, es seien dabei keine Fehler unterlaufen und das Werkzeug sei mathematisch genau hergestellt, so lehrt doch die Erfahrung, dass ein exzentrisches Bohren stattfinden kann, weil kein Material, weder das feinste Schweifseisen noch der beste Gusstahl eine völlige Gleichmäßigkeit der Oberfläche in Bezug auf den Härtegrad besitzt. Der Bohrer zeigt nämlich die Tendenz, das Stück so lange zu verschieben, bis er die ihm zusagende weichste Partie der Oberfläche erfasst hat. Daran wird er auch nicht behindert, wenn das zu bohrende Stück fest geschraubt ist; in solchem Falle biegt es sich seitwärts, so weit wie es das Spiel der Führung ihm erlaubt. Eine genauere Arbeit kann man nur erzielen, wenn man zuerst mit dem Spitzbohrer ein kleines Loch vorbohrt und dasselbe dann mittels eines Zentrumsbohrers erweitert.⁶⁵

Der Lochstempel bietet alle oben genannten Uebelstände in viel geringerem Maafse dar. Möglichst mathematisch genaue Führung des Stempels zwischen den Gleitbacken und größte Aufmerksamkeit des Arbeiters voraus gesetzt, erfolgt die Lochung in der Regel ohne messbare Exzentricität; auch fällt das Loch bei richtiger Konstruktion des Stempels und der Matrize und bei guter Qualität des zu lochenden Materials immer sauber und fast bartlos aus, während das gebohrte Loch an dem Unterrande stets einen starken Grat zeigt. Doch ist es nie möglich, ein genau zylindrisches Loch zu stanzen, weil jedes gestanzte Loch aus folgenden Gründen stets konisch ausfallen muss: Es gestaltet sich der aus dem Loche gestossene Putzen — wie z. B. die in Fig. 30 gezeichneten, nach den unter Leitung von Professor Thur-

⁶⁵ Diese Manier des Bohrens wird vielfach geübt; es existiren auch Spezial-Bohrmaschinen, welche die Prozedur dadurch erleichtern, dass gleichzeitig zwei Bohrer — ein Spitzbohrer und ein Zentrumsbohrer — arbeiten. Vergl. kombinierte Vor- und Nach-Bohrmaschine v. Lichthardt, Dortmund. D. R.-P. No. 9206.

Fig. 30. Lochversuche mit Muttern aus weichem Schweisseisen.



ston durch die Firma Hoopes & Townsend in Philadelphia ⁶⁶ angestellten Versuchen dargestellten Schnitte veranschaulichen — in Folge der beim Abscheren der Metallfasern auftretenden starken Seitendrucke auf die Lochwandung als in einander geschobene abgestumpfte Kegel, zu welcher Erscheinung auch der Umstand mit beiträgt, dass die größten Scherkräfte nicht in der vertikalen Druckebene stattfinden. Damit nun die treibende und drückende Wirkung des sich vorschiebenden Putzens keine raue Lochwandung erzeuge, wird der obere Durchmesser der Matrize etwas grösser gemacht, als der Durchmesser des Stempels. ⁶⁷ Dadurch

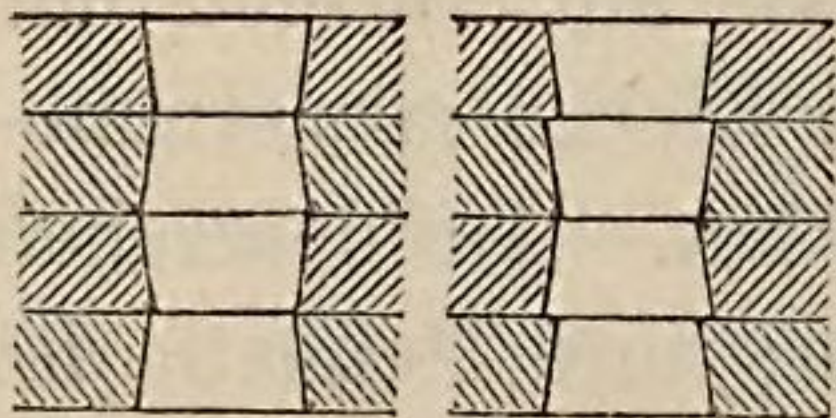
⁶⁶ *Journal of the Franklin Institute. March 1878.* Vergl. auch die hervor ragenden Arbeiten von Tresca (in den Comptes rendues vol. 68 u. 70 und Eng. vol. 45 S. 429) über das Lochen. Ferner eine neuere Arbeit „Ueber das Lochen von Eisen“ von Prof. Keller (Z. d. Oestr. Ing.-Ver. 1879 S. 163), welcher zahlreiche photolithographische Abbildungen der durchgesägten, geschliffenen und geätzten Schnittfläche beigegeben sind.

⁶⁷ In der Anstalt Edge Moor wird der Durchmesser des Matrizen-Loches (D) um 0,2 mal der Dicke δ des zu lochenden Bleches grösser angenommen, als der Stempel-Durchmesser d . Also $D = d + 0,2 \delta$. Jedenfalls darf D nie so gross werden, dass eine Biegung anstatt des Lochens eintreten kann.

vergrößert sich die durch die Form des Putzens hervorgerufene Tendenz zur Bildung eines konischen Loches, während gleichzeitig die Gefahr der Beschädigung des Stempels bei ungenauer Führung desselben, sowie einer zu großen Beanspruchung des zu lochenden Materials und außerdem auch die zum Lochen erforderliche Kraft sich verringern.

Die Konizität der gestanzten Löcher kann man aber eher als einen Vortheil, als einen Nachtheil ansehen, weil der in einem solchen Loche erkaltende, sich nach Richtung seiner Axe zu-

Fig. 31.



sammen ziehende Niet (Fig. 31) in Folge seines keilförmigen Querschnittes eine treibende Wirkung ausübt und die zu vernietenden Platten demnach kräftig zusammen presst. Diese treibende Wirkung des erkaltenden Nietes wird in gebohrten

Löchern durch die Versenkung bewirkt, welche aber außerdem den Zweck erfüllt, die Festigkeit des Nietschaftes an der Uebergangs-Stelle zwischen Kopf und Schaft zu vergrößern und ferner auch noch zur Beförderung des völligen Ausstauens der Nietlöcher dienen soll. Man wird im Brückenbau daher eine Versenkung sowohl bei gebohrten als auch bei gestanzten Löchern vornehmen müssen und dabei die Tiefe der Versenkung, damit auch bei längeren Nietschaften ein völliges Ausstauen des Nietloches zu erwarten steht, mit der Länge des Schaftes zunehmen lassen.

Die Ausführung der Versenkung wird bei den gebohrten Löchern gleich unter der Bohrmaschine — oder event. durch Handarbeit — gewöhnlich mit Hilfe vielschneidiger konischer Ausreiber (Krausköpfe) bewirkt. —

Die allgemeine Einrichtung der gewöhnlichen Bohr- und Lochmaschinen⁶⁹ ist bekannt; es bleiben nur noch einige Worte über diejenigen Maschinen hinzu zu fügen, welche für spezielle Zwecke benutzt werden. Das sind 1) die Maschinen mit selbstthätigen Theilungs-Vorrichtungen, 2) die Muxplex-Maschinen, 3) die fahrbaren Bohrmaschinen und 4) die Zugstangen-Bohrmaschinen.

Die Theilungs-Vorrichtungen erfüllen ihren Zweck, das zeitraubende und kostspielige Vorreißen vieler Löcher zu vermeiden in der Weise, dass mit Hilfe derselben das aufgespannte zu

⁶⁹ Die amerik. Lochmaschinen besitzen meistens Vorrichtungen, welche eine beliebige Veränderung des Stempel-Hubes und zuweilen auch eine Arretirung des Stempels ermöglichen. Diese Vorrichtungen vermindern in hohem Grade die Gefahr des Verlochens, sind aber bei deutschen Maschinen nicht üblich.

bohrende oder zu lochende Stück jedesmal nach erfolgter Lochung um eine ganz bestimmte der Niettheilung entsprechende Strecke vorgeschoben wird. Gewöhnlich werden dabei die Stücke auf einem Schlitten befestigt, der, wie ein Drehbank-Schlitten in Prismen auf einem Bette geführt und durch eine Kurbel in Verbindung mit Räderübersetzung, Trieb- und Zahnstange verschoben wird.⁷⁰ —

Die Multiplex-Maschinen zum Lochen oder Bohren gestatten die gleichzeitige Herstellung mehrerer Löcher und sind in der Regel auch mit einer Theilungs-Vorrichtung versehen. Da sie aber komplizirt und theuer sind, so werden sie mit Vorthail nur da benutzt, wo man eine große Zahl gleicher Bleche mit symmetrischer Niettheilung zu bohren oder zu lochen hat. Auf deutschen Werken findet man diese Maschinen selten; ihre Heimath ist England und Amerika.⁷¹ —

Größere Verbreitung finden die fahrbaren Bohrmaschinen und mit Recht. Denn diese Maschinen, welche in der Nähe der Zulage und in gewisser Höhe über derselben auf Schienen transportabel angebracht werden, gestatten — besonders wenn sie mit großen drehbaren Ausleger-Armen versehen sind — das Bohren provisorisch verbundener Stücke in verschiedener Lage, an beliebiger Stelle direkt auf der Zulage.⁷² —

Die Maschinen zum Bohren der Zugstangen oder Kettenlieder sind eine amerikanische Spezialität und bezwecken eine möglichst genaue Innehaltung der vorgeschriebenen Entfernung der Augenmitten. Deshalb werden meistens beide Augenlöcher gleichzeitig durch zwei Bohrköpfe, welche auf einem gemeinschaftlichen Bette wie ein Drehbank-Schlitten verschiebbar aufgestellt sind, ausgebohrt. Um das Resultat beim Messen der Augenmitten - Entfernung von der Temperatur unabhängig zu machen, sind auf dem Bette schmiedeeiserne gehobelte Schienen frei aufliegend angebracht, von denen die eine bei einer gewissen

⁷⁰ Vergl. Vorrichtung zum Lochen von Winkelleisen ohne Ankörnen in der Brückenbau-Anstalt von de Bergue in Cardiff. Techn. Blätter 1872, S. 257. Lochmaschine mit Vorschub der Platten. Eng. Bd. 29., S. 230. Ferner: Wenceslides a. a. O., S. 101. Maschinen der Anstalt Edge Moor. Auch bei der Herstellung der Weichsel-Brücke bei Dirschau und der Nogat-Brücke bei Marienburg wurden Theilungs-Vorrichtungen beim Lochen benutzt. Z. f. Bauw. 1861, S. 677.

⁷¹ Vergl. Selbstthätige Multiplex-Lochmaschine für symmetrische Lochung. Petzholdt a. a. O., S. 64.

⁷² D. R.-P. No. 8794: Transportable Bohrmaschine mit gelenkigem Ausleger von Langbein in Würzburg; ferner Z. d. V. deutsch. Ing. 1879. S. 228. Fahrbare Bohrmaschine. *Enging. vol.* XXII. 1876, S. 110. Transportable Bohrmaschine von Thorne, de Haven & Co., Philadelphia.

Temperatur eingetheilt wurde. Die Bohrköpfe stehen unmittelbar auf diesen Schienen und machen jede Bewegung, die in denselben in Folge von Temperatur-Änderungen eintritt, mit. Da die Ausdehnung der Schienen dieselbe ist, wie diejenige der zu bohrenden Zugstangen, so kann durch diese Bohr-Methode eine große Gleichförmigkeit in der Stangen-Länge erzielt werden.

4. Verbindung der Konstruktions-Elemente.

Der die Arbeiten in der Werkstatt kontrollirende Beamte hat die bearbeiteten Konstruktions-Elemente vor ihrer Verbindung einer sorgfältigen Revision zu unterziehen und diejenigen Stücke zu verwerfen, welche während oder in Folge der Bearbeitung beschädigt worden sind. Dies werden namentlich solche Stücke sein, die beim Lochen oder Bohren rissig geworden oder beim Kröpfen und Biegen verbrannt oder deformirt sind. Die tauglichen, vom Grat und Bohrspänen befreiten Stücke werden sodann einem gründlichen Reinigungs-Prozesse unterworfen, wobei man alle Flächen in metallischer Reinheit, d. h. ohne Spuren von Rost oder Hammerschlag zu erhalten sucht, um das spätere Nachrosten derselben unter dem Firniss, bezw. dem Anstrich möglichst zu verhindern.

Die Reinigung kann durch mechanische oder chemische Mittel oder auch durch beide genannten Mittel zugleich bewirkt werden. Häufig begnügen sich die Besteller schon mit der mechanischen Reinigung, bei welcher Rost und Hammerschlag durch Drathbürsten, Schabeisen u. s. w. und der in den Poren des Eisens sitzende Staub durch Putzlappen beseitigt wird, verlangen dann aber zur Erhaltung des gereinigten Zustandes gewöhnlich einen sofortigen einmaligen Anstrich der Stücke vor der Verbindung. Es ist aber anzurathen, nach der mechanischen auch noch eine chemische Reinigung vorzunehmen, weil durch letztere etwa noch an den Stücken haftende Rosttheilchen sicher entfernt werden und weil, wahrscheinlich aus diesem Grunde, erfahrungsmäßig der spätere Anstrich auf einer auch chemisch gereinigten Fläche länger hält, als auf einer nur mechanisch gereinigten.

Bei der chemischen Reinigung werden die mechanisch gereinigten Stücke in einem Bade von stark verdünnter Salzsäure gebeizt. Das Bad darf nur eine schwache Wirkung äußern, damit die Stücke lange genug darin liegen bleiben können, ohne dass man zu befürchten braucht, die bearbeiteten Flächen und Kanten, welche dazu am ehesten geneigt sind, möchten angefressen werden. Die gebeizten Stücke werden durch Eintauchen in Kalkwasser von der etwa noch anhaftenden Säure befreit und

schliesslich in kaltem Wasser oder besser in stark verdünnter Sodalauge abgespült. Dann bringt man die Stücke zweckmässig in ein Bad heissen Wassers (von 60—70 ° R. Temp.) und versieht sie, sobald das Wasser auf den Oberflächen verdunstet ist, zum Schutze gegen das Wiedereinrosten mit einem Anstrich von siedend heissem Leinölfirnis.

Ueber den grösseren oder geringeren Werth der gebräuchlichen Reinigungs- bzw. Mittel zur Verhütung der Rostbildung, begegnet man sehr verschiedenen Ansichten, die in den betreffenden Vorschriften der Lieferungs-Bedingungen zum Ausdruck gelangen. Eine Verwaltung verbietet z. B. das Beizen auf das strengste, obgleich schwer einzusehen ist, wie das Material, bei einer nur einigermaßen vorsichtigen Behandlung, dabei Schaden leiden soll; eine andere dagegen verlangt das Beizen ausdrücklich und bestimmt detaillirt die dabei zu beobachtenden Regeln. Während ferner viele Besteller sich schon zufrieden geben, wenn alle Stücke nur wohl geölt und nicht gebeizt werden, gehen andere viel ängstlicher zu Werke, indem sie sogar eine besondere Behandlung der beim Nieten sich deckenden Flächen vorschreiben. Ueber die Art dieser Behandlung schwanken wieder die Vorschriften: der eine verlangt ein-, zwei- oder gar dreimaligen Anstrich vor der Vernietung, dagegen will ein anderer von einem Anstrich nichts wissen, er lässt vielmehr die sich deckenden Flächen vor dem Nieten mit irgend einem Gifte von allen Oel- und Farbstoffen reinigen u. s. w. Auch darüber, ob das Grundiren der Stücke vor dem Vernieten oder nachher zu bewirken ist, gehen die Ansichten auseinander.

Diese Verschiedenheit der Ansichten kann man als eine Illustration der Mangelhaftigkeit mancher Lieferungs-Bedingungen betrachten, aber auch daraus schliessen, dass die Frage der zweckmässigsten Reinigung und die Konservirung der gereinigten Stücke wohl eine wichtige sein muss.

Nach Ansicht des Verfassers erscheint es als das rationellste, wenn nach Vornahme der mechanischen und chemischen Reinigung das Einölen erfolgt und wenn die Grundirung erst nach erfolgter Vernietung und Fugendichtung vorgenommen wird. —

a) Das Vernieten. Vor der Vernietung sind die Stücke — falls es erforderlich ist — insoweit nachzurichten, dass bei der vorzunehmenden provisorischen Zusammenfügung mit Hülfe von Dornen und Schrauben eine vollständige Flächenberührung aller aufeinander liegenden Theile erzielt werden kann. Die exakte Verdornung und Verschraubung ist eine wesentliche Vorbedingung für die Möglichkeit einer vollkommenen Vernietung

und aus der mehr oder minder gewaltsamen Art, mit welcher die Dorne eingetrieben werden müssen (Fig. 29), um ein Aufeinanderpassen der Löcher bezw. Durchstecken der Schraubbolzen zu ermöglichen, kann man einen Schluss auf die Güte der vorausgegangenen Werkstatts-Arbeiten ziehen. Die Schrauben sollen in reichlicher Anzahl gezogen werden -- im allgemeinen etwa durch jedes dritte Nietloch — damit beim Vernieten weder gewaltsame Spannungen noch Verschiebungen einzelner Stücke zu befürchten sind.

Bei der Ausführung der Vernietung sind folgende Punkte zu beachten: Das Anwärmen der Niete soll in zweckmässig konstruirten Oefen in der Art vor sich gehen, dass jeder Niet rasch in allen Theilen möglichst gleichmässig und höchstens bis zur Gelbgluth-Hitze angewärmt wird⁷³. Der Niet soll vom Zunder und Span befreit eingesteckt werden und die Bildung des Schließkopfes unter Anwendung eines angemessenen Druckes so rasch erfolgen, dass, während der Niet noch warm und plastisch ist, eine vollständige Ausstauchung des Nietloches und aller seiner Unregelmässigkeiten ermöglicht werden kann. Unmittelbar nach Vollendung des Schließkopfes darf derselbe weder eine zu hohe noch zu niedrige Temperatur inne haben; er soll etwa im Schatten noch eine dunkle Glühfarbe zeigen, damit in Folge der Reaktion der gespannten Stücke eine Axen-Verlängerung des Nietes nicht mehr eintreten kann, vielmehr durch eine Verkürzung des Niet-schaftes bei weiterer Abkühlung ein festes Zusammenpressen der vernieteten Stücke bewirkt wird.

Es fragt sich nun, welche der gebräuchlichen Vernietungs-Methoden den nach Vorstehendem an eine vollkommene Vernietung zu stellenden Haupt-Anforderungen: vollständige Ausstauchung des Nietloches, tadellose Bildung des Schließkopfes ohne Lockerung der Verbindung und Beeinträchtigung der Festigkeit des Nietenmaterials am meisten gerecht wird.

Vielfache Versuche haben dargethan, dass durch intermittirende Schläge eines gewöhnlichen Niethammers eine Ausstauchung des Nietloches nie mit solcher Vollkommenheit und Sicherheit erreicht wird, wie dies bei Anwendung von Nietmaschinen mit stoßender oder drückender Wirkung möglich ist. Der Handniet füllt das Loch unmittelbar unter dem Kopfe bis auf eine gewisse Tiefe vollständig aus; auf das weiter entfernt liegende

⁷³ Wenn die Nietspitze etwas weniger warm ist, als der übrige Theil des Nietes, so wird dadurch das Ausstauchen des Nietloches befördert. Häufig kühlt man deshalb die Nietspitzen auch etwas in Wasser ab; doch ist dies Verfahren der Festigkeit des Schliesskopfes nachtheilig.

Material kann aber die nothwendige Pressung nicht mehr fortgepflanzt werden. Es müssen ferner bei der Handnietung viel kürzere Nieten genommen werden, weil es unmöglich ist, mit dem Hammer eine so große Metallmenge zu bearbeiten, wie mit der Maschine. Die Köpfe der Maschinen-Nieten können daher viel größer sein und werden demgemäß auch die vernieteten Stücke fester zusammen halten, als die kleinköpfigen Handnieten. Einer der wesentlichsten Punkte, welcher außerdem zu gunsten der Maschinen-Nietung spricht, ist der Umstand, dass man bei Ausführung der letztern im Stande ist, beim zweiten Drucke oder Schläge, der gewöhnlich schon die Bildung des Schließkopfes vollendet, den Nietstempel in seiner drückenden Stellung eine Zeit lang verharren zu lassen, bis der Niet erkaltet ist. Dadurch wird nämlich eine Axen-Ausdehnung des noch warmen Nietes, welche leicht eine Lockerung der Verbindung — seltener wohl auch eine Festigkeits-Verminderung des Nietes — herbei führen kann, verhindert. Da ferner die von einigen Seiten geäußerte Befürchtung, es möchte in Folge des zur Anwendung kommenden starken Druckes die Festigkeit der Maschinen-Nietung leiden, als übertrieben anzusehen ist, so ist die Superiorität der Maschinen-Arbeit als Mittel zur Erzeugung einer vollkommenen Vernietung gegenüber der Handarbeit wohl entschieden und man muss ferner, weil der stets mit gleicher Kraft arbeitende, leicht regulirbare Wasserdruck sich am besten zur Fortpflanzung der Kraft bis in das Innere des Arbeitsstückes eignet, unter den gebräuchlichen Nietmaschinen die hydraulischen Systeme als die besten bezeichnen.

Der einzige, allerdings nicht unwesentliche Nachtheil der Nietmaschinen besteht darin, dass sie nicht überall anwendbar sind, auch die transportablen Nietmaschinen nicht, selbst wenn dieselben an eine ausgedehnte, mit Gelenken versehene Rohrleitung angeschlossen sind. Dieser Nachtheil und auch wohl die allgemeinen, bereits mehrfach hervor gehobenen Gründe, welche gegen die Einführung des hydraulischen Systems in unsern Werkstätten sprechen, haben eine allgemeinere Benutzung der Nietmaschinen in Deutschland bislang verhindert. Man sieht nur hie und da einmal in einer Brückenbau-Anstalt eine stationäre Nietmaschine, welche zur Herstellung einfacher Träger-Nietungen, sog. laufender Arbeit, benutzt wird; die meisten Niete in der Werkstatt und auf der Montage werden aber durch Handarbeit geschlagen.

Die Handnieterei wird durch eine 4—6 Mann starke Niet-Kolonnie ausgeführt, welche aus 1 Vormann, 1—3 Aufschlägern,

1 Mann zum Vorhalten und 1 Nietwärmer besteht. Die Niet-Operation geht wie folgt vor sich: Während der Setzkopf des eingesteckten Nietes durch ein die Stelle des Ambosses vertretendes Werkzeug (Vorhalter, Nietwinde) stetig unterstützt wird, stauchen der Vormann und die Zuschläger das vorstehende Nietende mit leichten (2—4 kg schweren) Hämmern rasch zusammen. Dabei haben die Zuschläger stets auf die von dem vorschlagenden Vormann bezeichnete Stelle zu schlagen und zwar fallen die Schläge anfangs abwechselnd auf den Niet und dicht neben dem Niet auf das obere zu vernietende Stück, um letzteres möglichst auf seine Unterlage zu pressen. Sobald der Niet durch das Stauchen zum Festsitzen gebracht, wobei gleichzeitig auch die rohe Form des Schließkopfes gebildet worden ist, setzt der Vormann den Schellhammer auf, mit dessen Hilfe unter einigen kräftigen Schlägen mit 8—10 kg schweren Aufschlaghämmern die genaue Kopfform ausgeprägt wird.⁷⁴ Da das Gewicht des Vorhalters 10—15 Mal größer als das Hammergewicht sein muss, so kann es nur bei Vernietungen von geringer Stärke direkt an einem Stiele von dem Arbeiter gehalten werden. Bei Herstellung stärkerer Vernietungen, wie sie im Brückenbau die Regel bilden, wendet man daher anstatt des Vorhalters, da dessen Aufhängung an einer Kette oder Unterstützung durch einen Bock umständlich ist, meistens eine Nietwinde an, welche wie eine Wagenwinde mit Zahnstange oder Schraube und breitem Fusse versehen ist und deren entsprechend geformter Kopf, sobald das untere Ende der Winde unterstützt ist, gegen den Setzkopf gepresst wird. —

b) Die Revision der vernieteten Theile hat sich auf die Qualität der Vernietung und auf die in Folge der letztern an einzelnen Stücken etwa vorgekommenen Beschädigungen zu erstrecken. Besondere Sorgfalt hat der kontrolirende Beamte dabei auf das Ausfindigmachen loser Niete oder solcher, die es werden wollen, zu verwenden.

Ein gewisser Prozentsatz von losen Nieten wird bei jeder größeren Nietarbeit vorkommen; sie ganz zu vermeiden, ist praktisch unmöglich, so lange die „warme Vernietung“ beliebt wird, weil man dabei für das Ausdehnen und Zusammenziehen des Metalls in der Wärme und beim allmählichen Erkalten keine feste Grenzen ziehen kann. Am meisten zeigen sich die versenkten Nieten zum Losewerden geneigt, aus welchem Grunde

⁷⁴ Ganz ohne Anwendung des Schellhammers fertig gebildete Niete, wie sie an Kesseln oft vorkommen, sollen nach Ansicht der Fachmänner im allgemeinen fester sitzen, als Nieten mit geschellten Köpfen, jedenfalls weil dabei einer Axenausdehnung des Nietes vorgebeugt wird.

gerade auf diese besonderes Augenmerk zu richten ist. Man erkennt die losen Niete bei einiger Erfahrung leicht an dem Klange, den sie von sich geben, wenn man ihnen einige leichte Schläge mit dem Hammer giebt. Bei versenkten Niete thut man gut, neben dem Gehör auch noch das Gefühl mit prüfen zu lassen, indem man während des Hämmerns auf den Schließkopf mit den Fingern der linken Hand den Setzkopf berührt. Am schwierigsten sind diejenigen Nieten zu entdecken, die bei dem Hämmern zwar anfänglich fest zu sitzen scheinen, aber bald lose werden.

Lose Nieten sind unter allen Umständen heraus zu schlagen und durch neue zu ersetzen; das nachträgliche Festhämmern loser Nieten oder das beliebte Festtreiben und Nachstauchen versenkter Nieten durch Stemmarbeit oder dergl. darf nicht geduldet werden.

Selbstverständlich hat der abnehmende Beamte auch darauf zu achten, ob die Nietköpfe die vorschriftsmäßige Form haben und nicht exzentrisch sitzen; ob die Ränder derselben scharf ausgeprägt sind, dicht schließen und keine Risse zeigen. Doch sollte man in dieser Beziehung nicht zu weit gehende Anforderungen stellen und den leicht in die Augen springenden sogenannten Schönheitsfehlern keinen größeren Werth beilegen, als ihnen zukommt. Weit wichtiger ist z. B. die genaue Kontrolle derjenigen Stellen der Konstruktion, an denen das Schlagen der Nieten überhaupt Schwierigkeiten macht und wo die Nieten sehr nahe an den Kanten stehen, so dass bei der Nietarbeit leicht ein Reißen der letzteren eintreten kann.

Wo dem äußern Anschein nach verbohrt Löcher oder stark exzentrische Köpfe zu erwarten stehen, lässt man am besten probeweise einige Setzköpfe mit dem Schrotmeißel abhauen und den Niet heraus dornen. Entdeckt man aber einmal verbohrt Löcher, die mit Eisen oder Eisenkitt ausgeflickt sind, was hin und wieder wohl einmal passieren kann, oder gar — das *non plus ultra* aller Betrügereien — Bleinieten anstatt Eisennieten, so verlange man mindestens die sofortige Entfernung der schuldigen Arbeiter aus der Werkstatt. — Da die Nietarbeit auf der Montage bedeutend theurer zu stehen kommt, als in der Werkstatt, so wird der Fabrikant bestrebt sein, die Konstruktions-Theile, so weit wie angängig, schon in der Werkstatt zu einem Ganzen zu verbinden. In wie weit dies geschehen kann, hängt von der Beschaffenheit der für die Versendung nach der Baustelle zu Gebote stehenden Transportmittel und von der Anordnung der Stöße ab. Die Längs- und Querträger größerer Brücken werden in der Regel in der Werkstatt vollständig fertig vernietet; häufig

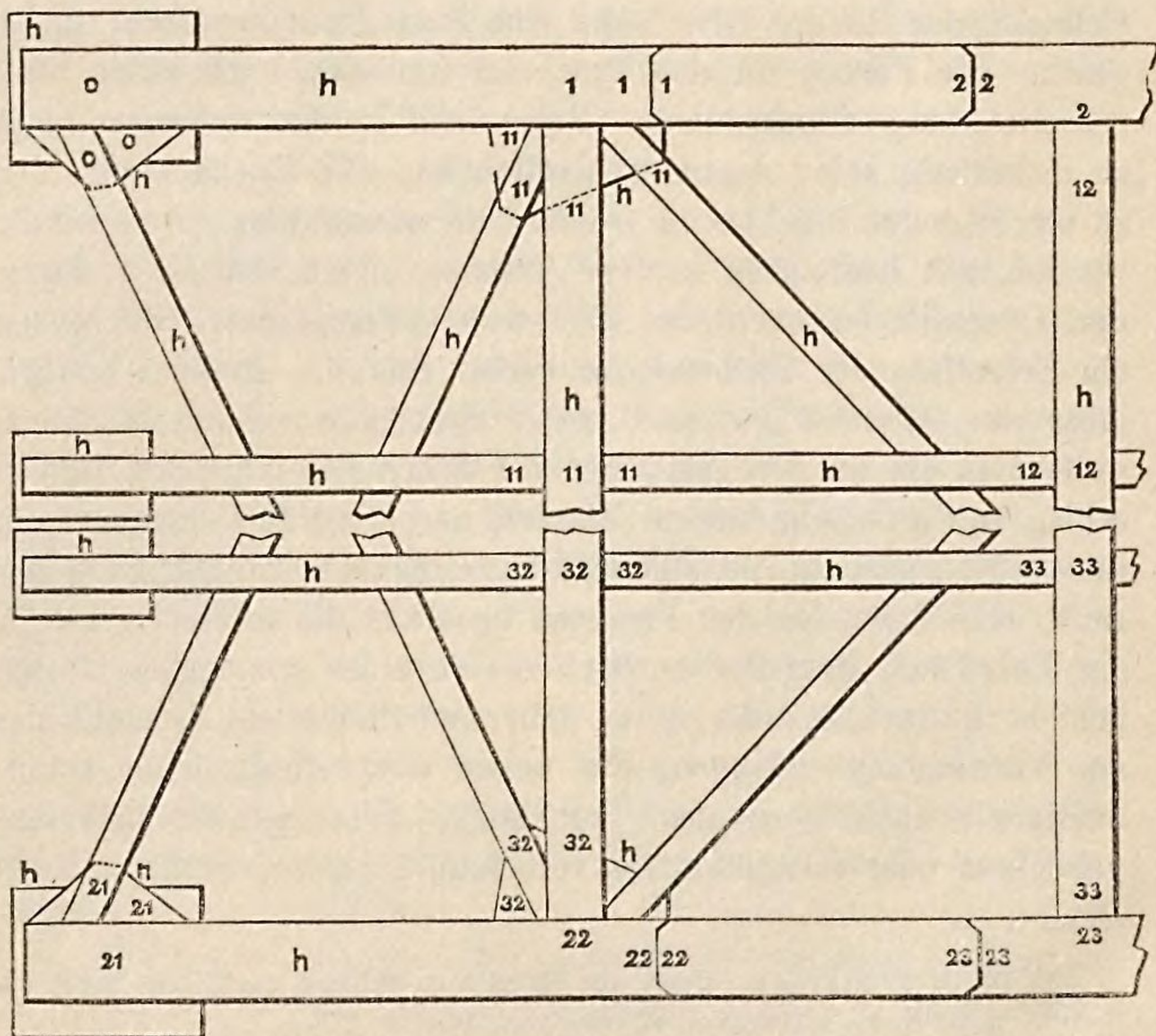
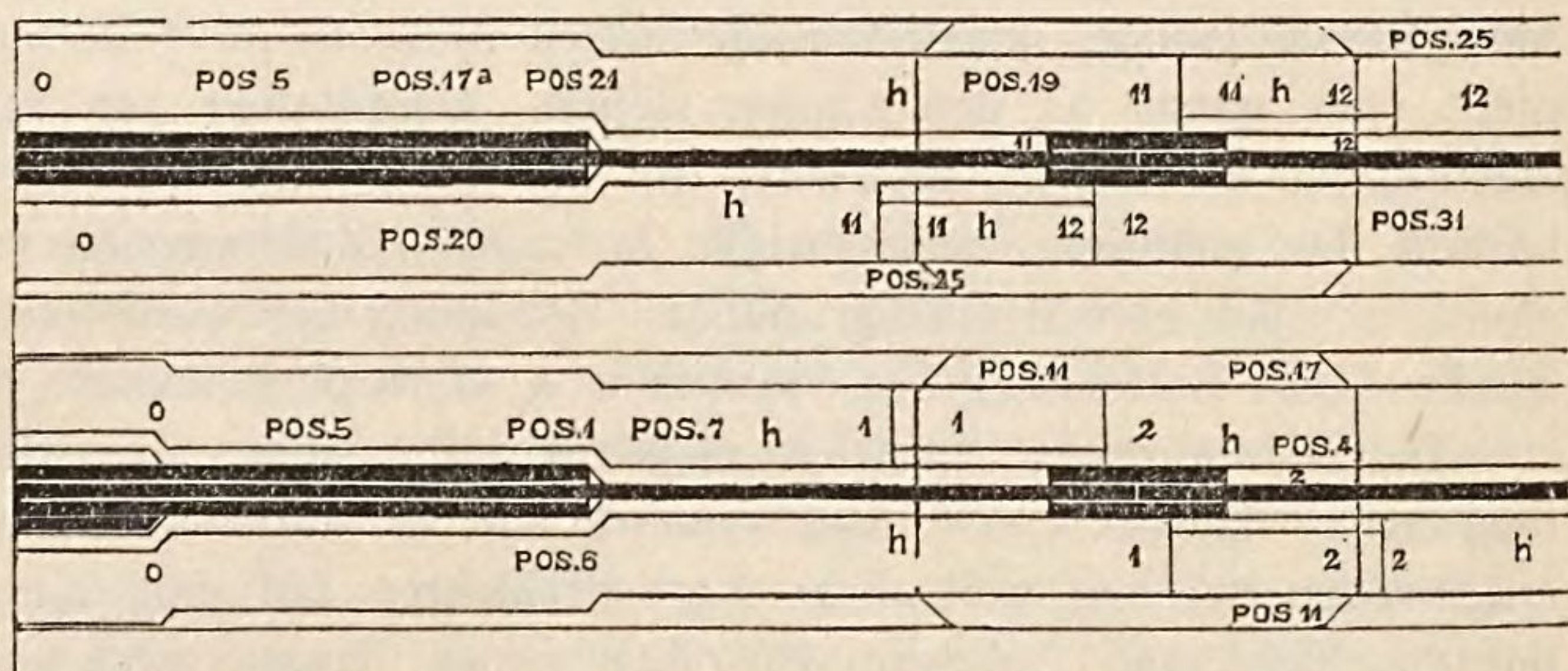
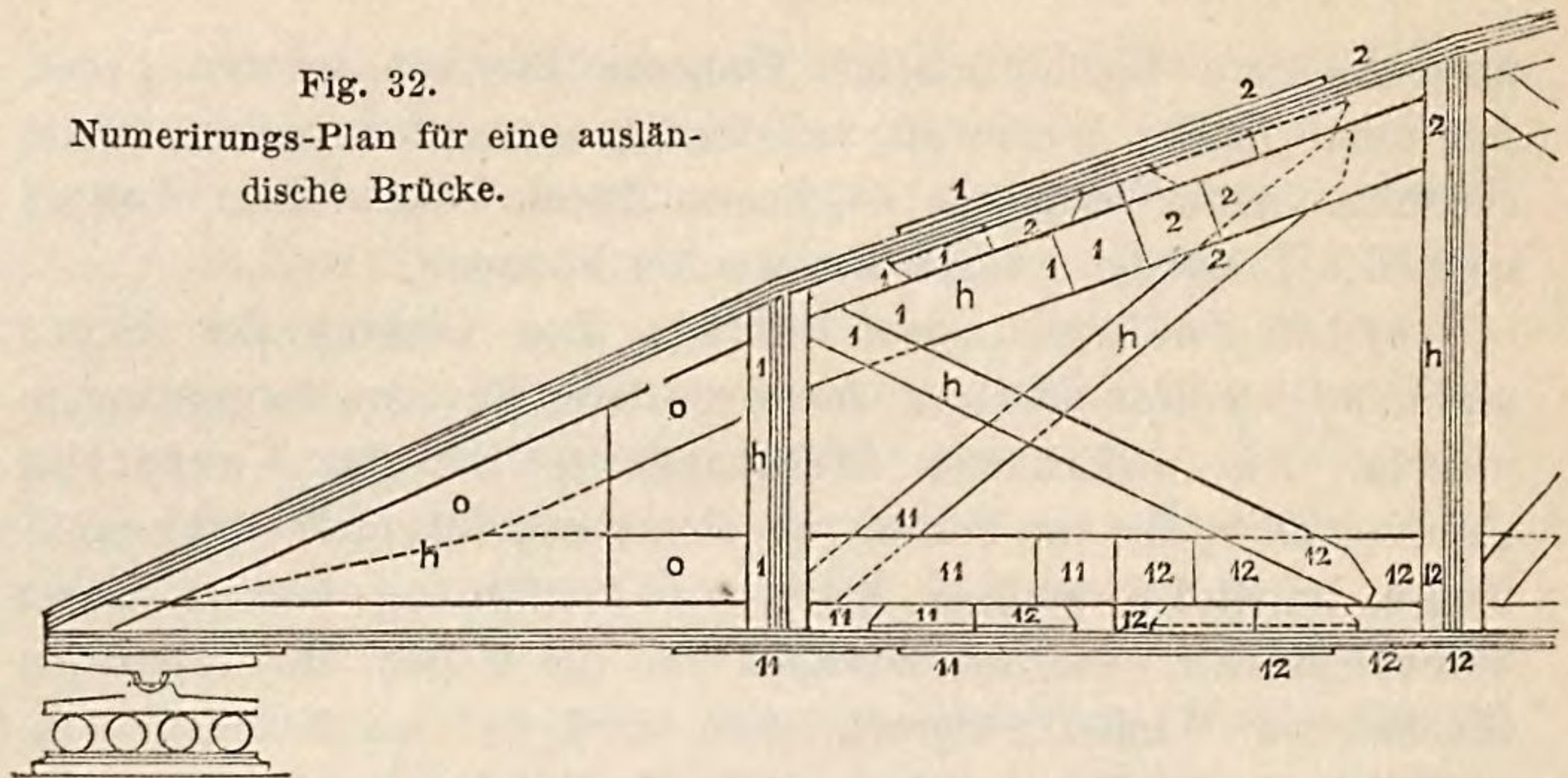
auch kleinere Blechbrücken. Größere Brücken werden event. nur dann in der Werkstatt vollständig zusammen gesetzt, wenn sie mittels eines besonders zu diesem Zweck konstruirten Wagens nach der Baustelle transportirt werden können.

c) Die Vollendungsarbeiten. Das Dichten der Fugen und das Grundiren darf erst nach erfolgter Revision vorgenommen werden. Als wirksamstes Dichtungsmittel ist das Verkitten zu bezeichnen, das am besten mit einem aus Bleiweiß und Leinölfirnis bereiteten steifem Kite zur Ausführung kommt. Das Verstemmen, welches zuweilen für die Fugen der vertikalen Bleche und Winkel vorgeschrieben wird, ist bei Brücken-Konstruktionen ziemlich nutzlos, weil die Kanten des Eisens dafür nicht scharf genug, außerdem die Niete meistens zu weit und nicht nahe genug an den Kanten stehen. Unmittelbar vor der Ausführung des ersten Anstrichs, mit dessen Qualität die Haltbarkeit der späteren Deckanstriche in innigem Zusammenhange steht, ist noch einmal eine gründliche Reinigung der vernieteten Theile durch Entfernung des Staubes u. s. w. vorzunehmen.

Der Grundirungs - Anstrich muss im allgemeinen drei Bedingungen erfüllen.⁷⁵ Er darf erstens nur in dünner Schicht aufgetragen werden, weil dicke Farbschichten auf dem nicht porösen Eisen nur langsam zu einer festen Kruste erhärten, vielmehr nur in der Oberfläche eine feste Haut ansetzen, unter welcher die Farbe, da das Trocknen von oben nach unten fortschreitet, lange flüssig bleibt. Ferner soll die Anstrichmasse nicht zu dickflüssig sein, damit es möglich ist, alle Unebenheiten der zu streichenden Flächen zu treffen und auszufüllen. Andernfalls würden sich Luftblasen in dem Anstrich bilden, welche in Folge der Längenänderungen des Eisens bei Temperatur-Differenzen ein Zerreißen der Farbendecke herbei führen. Drittens endlich muss der Anstrich gut und verhältnissmäßig schnell trocknen, weil sonst ein auf den gestrichenen Flächen sich bildender Niederschlag von atmosphärischem Wasser, herbei geführt durch die in der Regel gegen Abend eintretende Temperatur-Erniedrigung der Luft, eine Emulsion des Firnisses bewirkt, die ihrerseits wieder zur Folge hat, dass der Anstrich nie zu einer homogenen, festen Schicht antrocknet. Es muss daher möglichst ein Leinölfirnis zur Verwendung gelangen, der neben der erforderlichen Dünnflüssigkeit auch noch das Trocknungs-Vermögen des dick eingekochten oder mit Sikkativen versetzten Firnisses besitzt. Auch

⁷⁵ Dr. J. Treumann. Ueber die Mittel zum Schutze des Eisens gegen das Rosten. Z. d. Arch.- u. Ing.-Ver. z. Hannover, 1879, S. 379.

Fig. 32.
Numerirungs-Plan für eine ausländische Brücke.



darf ein Grundirungs-Anstrich niemals bei feuchtem Wetter im Freien ausgeführt werden.

Von den für den Anstrich zu verwendenden Mineral-Farben ist die Bleimennige — wenigstens für alle Anstriche, die nicht unter Wasser halten sollen ⁷⁶ — die vorzüglichste. Die Wirkung der Bleimennige ist eine Folge des chemischen Verhaltens ihres Blei-Superoxyds und Bleioxyds gegen die Oelsäure des Leinöls, insofern, als nämlich das Superoxyd die Oelsäure oxydirt und die oxydirte Leinölsäure darauf mit dem Bleioxyd eine sehr harte, äußerst widerstandsfähige chemische Verbindung eingeht.

Eine derartige Wirkung können Farben, deren Hauptbestandtheil Eisenoxyd bildet — also z. B. der sogen. Todtenkopf, Berliner Braunroth, Eisen-Mennige, Königs-Roth, Kaiser-Roth u. s. w. nicht ausüben. Der Todtenkopf ist ganz zu verwerfen, weil er stets etwas freie Schwefelsäure aufweist; ein besseres Material ist die Eisen-Mennige, wenn sie nicht zu hygroskopisch ist, d. h. nicht zu viel Thon (nicht über 20 %) enthält. —

Die letzte Arbeit vor der Versendung der fertigen Brückentheile ist die Bezeichnung derselben für die Montage. Hier wäre eine mit weißer Oelfarbe aufzutragende Extra-Bezeichnung am Platze, die sich viele Fabrikanten aber ersparen, weil dieselbe — wenigstens für Konstruktionen, die von der Fabrik selber montirt werden — zur Noth entbehrt werden kann. Man begnügt sich dann damit, die eingestempelten Zahlen der vorhandenen Werkstatts-Bezeichnung entweder weiß zu überpinseln oder mit einem weißen Strich:  einzufassen.

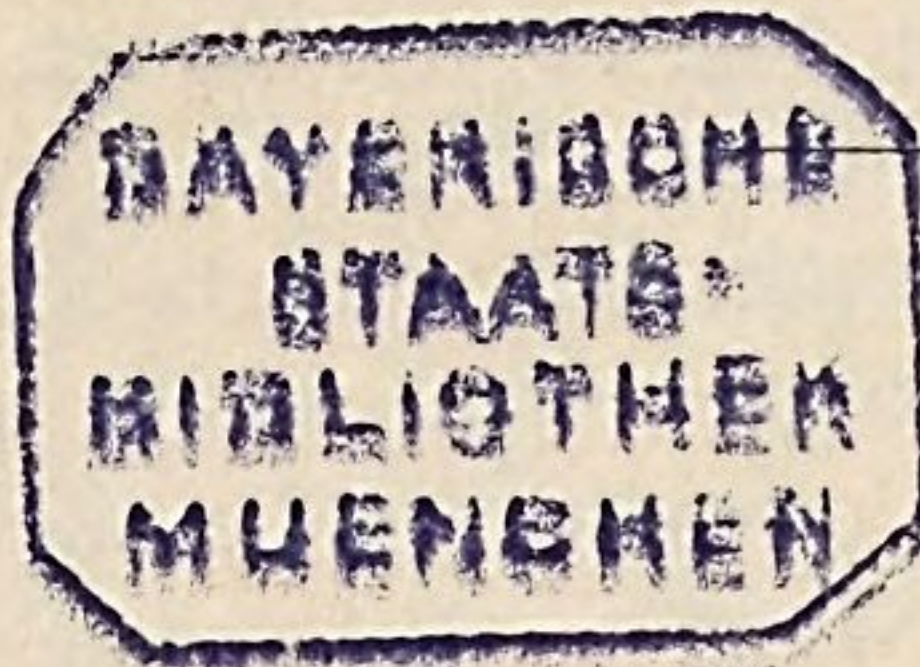
Für Brücken, die im Auslande von fremdem Personal montirt werden, ist aber die Anfertigung eines besonderen Bezeichnungsplanes unerlässlich. Ein Stück eines solchen Planes, welches die zuerst von der Firma Harkort für Java-Lieferungen eingeführte Bezeichnungsweise illustriert, ist in Fig. 32 verzeichnet. Darnach sind die Knotenpunkte mit fortlaufenden Nummern versehen, die auf den Konstruktions-Theilen sowohl mit Oelfarbe geschrieben, als auch mit einem Stempel eingeschlagen werden und jeder Konstruktions-Theil erhält an jedem Ende die diesem Ende zunächst liegende Knotenpunkts-Nummer. Auf solche Weise ist eine Vertauschung einzelner Theile ausgeschlossen. Sind mehrere gleiche Brücken vorhanden, so werden die Nummern mit verschiedenen Farben geschrieben (weiß und schwarz) und wenn

⁷⁶ Unter salzhaltigem Wasser kann die Bleimennige durch partielle Zersetzung eine Zerstörung des Anstriches und ein Rosten herbei führen.

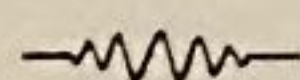
nöthig, noch durch verschiedenfarbige Linien (Kreis, Dreieck, eventuell mit einem Strich oben oder unten: $\overline{\bigcirc}$ $\overline{\triangle}$) eingefasst. Dadurch erhält man mannichfaltige, scharf unterschiedene Nummerungs-Arten. Zum Ueberfluss wird dann jeder Theil noch mit einem der betreffenden Brücke eigenthümlichen Buchstaben (z. B. in der Fig. 32 mit *h*) bezeichnet.

Da eine Sendung der Java-Lieferungen stets mehr in einzelne Theile zerlegte Brücken umfasst, so werden alle Kolli (auch wenn das Objekt mehr Sendungen erfordert) fortlaufend numerirt, damit nie zwei gleiche Nummern vorkommen. Jeder Theil erhält außerdem noch die Aufschrift: Gouv. Goed (Regierungsgut) wegen der Verzollung, dann die Bezeichnung S. S. (Staatspoor), die Bezeichnung der Bahnlinie z. B. S. S. (Soerabaga-Samarang) und endlich den Bestimmungs-Hafen und das Bruttogewicht. Kleinere Theile werden dabei in entsprechend gezeichnete Kisten verpackt oder es werden, wenn sie lose gehen, Zinkplättchen angehängt, in welche die genannten Bezeichnungen eingeprägt sind.

Am Schlusse seiner Notizen über die Fabrikation des Eisens und der eisernen Brücken, welche einen Theil der Vorträge des Verfassers über die Herstellung der Brücken in Holz, Stein und Eisen bilden, fühlt derselbe sich verpflichtet, allen Herren, die ihn durch bereitwillige Auskunft und Ueberweisung von Material bei seiner Arbeit unterstützt haben, namentlich den Herren Ober-Ingenieuren Seifert in Duisburg und Lindgens in Sterkrade, hierdurch seinen Dank auszusprechen.



INHALT.

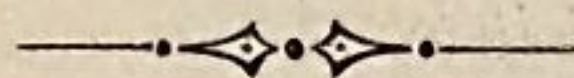


A. Notizen über die Fabrikation des Eisens.

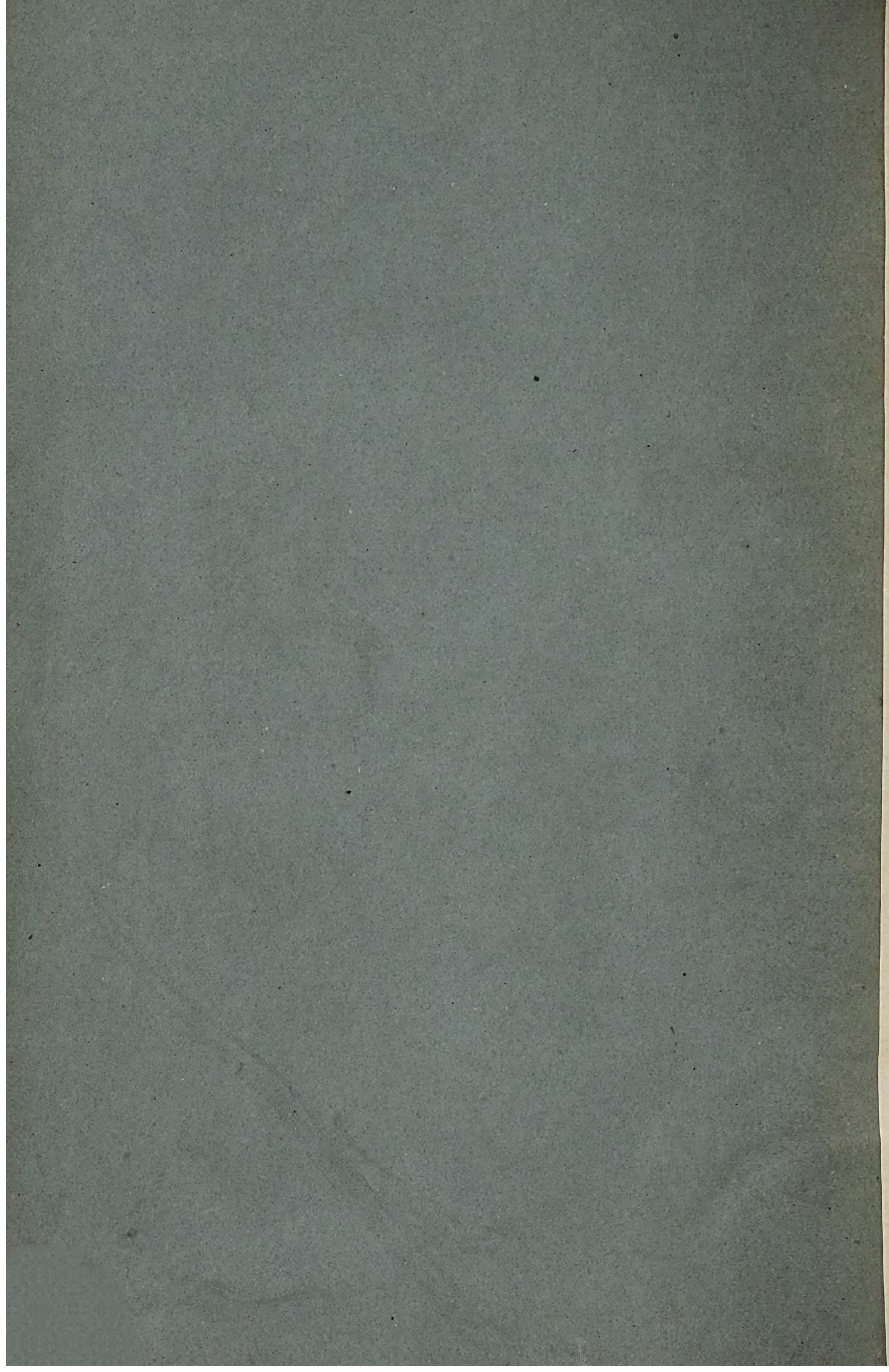
	Seite
Die moderne Eisenerzeugung	3
Die Entphosphorung des Eisens	13
Die Qualität von Schweißseisen und Flusseisen .	24

B. Notizen über die Herstellung eiserner Brücken.

Einleitung	35
I. Die Arbeiten in der Hütte	44
1. Schweißen u. Walzen im allgemeinen	47
2. Blech-Fabrikation	49
3. Stabeisen-Fabrikation	51
4. Façoneisen-Fabrikation	54
5. Kosten und Dimensionen der Walzeisen-Fabrikate	58
6. Herstellung von Gusstücken	60
7. Herstellung von Schmiede- und Presstücken . .	61
II. Die Arbeiten in der Werkstatt	72
1. Beschaffung des Materials	76
2. Prüfung des Materials	83
3. Bearbeitung der Konstruktions-Elemente . . .	97
4. Verbindung der Konstruktions-Elemente . . .	105




~~~~~  
W. Moeser Hofbuchdruckerei, Berlin, Stallschreiberstrasse 34. 35.  
~~~~~

M. Braidt
Buchbinderei
München

Mehrtens, Georg,

Notizen über die Fabrikation des Eisens und der Eisernen Brücken von
Mehrtens

Berlin 1882

Techn. 2073 m

urn:nbn:de:bvb:12-bsb11889805-2